21 января

ДОКЛАДЫ

АКАДЕМИИ НАУК СССР

ВЫХОДЯТ ТРИ РАЗА В МЕСЯЦ

акционная коллегия: акад. **Л. А. Арцимович,** акад. **А. Г. Бетехтин,** акад. **А. Векшинский,** акад. **А. Н. Колмогоров** (зам. главного редактора), акад. **Л. Курсанов,** акад. **С. А. Лебедев,** акад. **И. Н. Назаров,** акад. **А. И. Некрасов,** д. **А. И. Опарин** (главный редактор), акад. **Е. Н. Павловский,** акад. **Л. И. Седов,** акад. **Н. М. Страхов,** акад. **А. Н. Фрумкин** (зам. главного редактора)

25-й ГОД ИЗДАНИЯ

1957 г.

Том 112, № 3

СОДЕРЖАНИЕ

АТЕМАТИКА *Стр.*

А. В. Бицадзе. О единственности решения задачи Франкля для уравнения Чаплыгина 375
И. Н. Векуа. Некоторые вопросы бесконечно малых изгибаний поверхностей 377
Г. Гусси, В. Поенару и **К. Фояш.** Прямой метод в задаче Коши для квазилинейного гиперболического уравнения в случае двух независимых переменных 381
П. Л. Ульянов. Об *A*-интегралах Коши для контуров 383
Б. В. Шабат. Примеры решения задачи Дирихле для уравнений смешанного типа 386
Р. Н. Щербаков. Проективно-инвариантные реперы линейчатой поверхности, принадлежащей данной конгруенции 390

ЕХАНИКА

В. В. Петров и **Г. М. Уланов.** Общность скользящих, вибрационных и оптимальных режимов класса сервомеханизмов 394

ИДРОМЕХАНИКА

С. И. Сидоркина. О некоторых движениях аэрозоля 398

ИЗИКА

В. С. Гвоздев и **Л. И. Русинов.** Исследование ядерной изомерии $Hf^{180\,m}$ . . 401
Г. М. Городинский, А. Н. Мурин, В. Н. Покровский, Б. К. Преображенский и **Н. Е. Титов.** Радиоактивные изотопы редких земель, образуемые в реакции глубокого отщепления 405
С. С. Духин и **Б. В. Дерягин.** Теория взаимодействия испаряющихся или растущих капель на больших расстояниях 407
П. Э. Немировский. К вопросу о взаимодействии антипротонов с ядрами . . 411
В. Г. Носов. Тонкая структура α-распада четно-четных ядер 414

ЕАНОЛОГИЯ

Е. Н. Невесский. Исследование толщ прибрежных отложений с помощью вибропоршневой трубки 418

ИОФИЗИКА

А. Г. Бегларян, К. А. Кяндарян и **С. А. Папоян.** Гистопатология нервной системы в различные периоды экспериментальной острой лучевой болезни 422

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

А. Г. Смагин. К вопросу о роли внутреннего трения в кристаллах пьезокварца

ХИМИЯ

Б. А. Арбузов и В. А. Фриновская. Окиси некоторых производных α-пинена и их изомеризация

О. П. Голова, А. М. Пахомов и Е. А. Андриевская. Новые данные о связи структуры полисахаридов (целлюлозы) с направлением химических реакций, протекающих при их термораспаде

Ю. А. Жданов и Г. Н. Дорофеенко. Синтезы в области С — С-замещенных углеводов

В. В. Коршак, А. М. Полякова, А. Д. Петров и В. Ф. Миронов. Полимеризация непредельных германийорганических соединений

А. Н. Несмеянов, Э. Г. Перевалова и З. К. Бейноравичуте. Восстановление ферроценкарбоновых кислот

В. В. Перекалин и А. С. Полянская. Взаимодействие нитроолефинов и соединений с активными метильными группами

Т. И. Темникова и Б. А. Гонтарев. Бензилиденовые производные гидратной формы α-кетоспиртов, содержащие 1,3-диоксолановые циклы

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Б. А. Догадкин, И. А. Туторский и Д. М. Певзнер. О механизме вулканизации в присутствии 2-меркаптобензотиазола

С. Н. Задумкин. Приближенный расчет поверхностного натяжения металлов

Д. Г. Кнорре, З. К. Майзус и Н. М. Эмануэль. Энергия активации элементарной реакции RO_2+RH при окислении *н*-декана

Е. А. Леонтьев, В. М. Лукьянович и Б. С. Мильман. Электронномикроскопическое исследование строения шаровидного графита в чугуне

А. И. Сарахов. Адсорбция паров на поверхности золота

Н. А. Торопов, Б. В. Волконский и В. И. Садков. К вопросу о полиморфизме двухкальциевого силиката

ГЕОХИМИЯ

О. В. Шишкина. Иловые воды Тихого океана и прилегающих морей

БИОХИМИЯ

Г. В. Андреенко. О белковой природе тромботропина

Т. М. Калишевская. Видовая специфичность протромбокиназы кровяных пластинок и тромботропина

Н. М. Сисакян, Р. М. Бекина и И. М. Мосолова. О циклофоразной активности структурных элементов растительной клетки

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

В. А. Каргин, Б. М. Коварская, Л. И. Голубенкова, М. С. Акутин и Г. Л. Слонимский. Блок-полимер на основе фенольно-формальдегидной смолы и нитрильного каучука

ГЕОЛОГИЯ

О. И. Богуш и О. В. Юферев. Фораминиферы и стратиграфия каменноугольных отложений Кара-Тау и западных отрогов Таласского Ала-Тау

А. С. Ескин. К геологии Ушканьих островов озера Байкал

Т. Т. Клубова. О минералогическом составе глинистых пород красноцветной толщи Прибалханского района Западной Туркмении

Вл. А. Комар и Н. М. Чумаков. О средне- и верхнепалеозойских отложениях Вилюйской впадины

Г. А. Максимович. Основные типы гидродинамических профилей областей карста карбонатных и сульфатных отложений

Н. А. Плаксенко. О некоторых закономерных особенностях строения толщи метаморфических пород докембрия Курской Магнитной Аномалии (КМА)

А. А. Султанаев. О разрезе карбона на р. Шартым

Н. В. Тагеева и М. М. Тихомирова. Некоторые черты раннего диагенеза осадков северо-западной части Черного моря

МИНЕРАЛОГИЯ

Б. Я. Меренков, К. И. Толстихина и А. Л. Александров. Трубчатая структура серпофита

М. А. Умова, Р. И. Глебов и П. Н. Шибанов. Исследование химического состава газообразных включений в кварце из различных месторождений

ЕОНТОЛОГИЯ *Стр.*

Б. П. Вьюшков и **П. К. Чудинов.** Открытие капторинид в верхней перми СССР 523
Е. Л. Кулик. Находка Rhabdoporella в верхнедевонских отложениях Русской платформы и Казахстана 527
В. Н. Шиманский. Каменноугольные Oncoceratida 530

ГОЛОГИЯ

М. Я. Левина. Некоторые особенности строения средней оболочки аорты коровы в разных возрастах 533
А. Ф. Никифоров. О реакции нейронов верхнего шейного узла на перерезку симпатического нерва на шее 536

ЛОГИЯ

Е. Н. Поливанова. Причины, определяющие численность хлебных клопов (сем. Pentatomidae) в южных зерновых районах Европейской части Союза . . 538
В. В. Хлебович. Наблюдения над морозостойкостью многощетинковых червей Курильской гряды 542

РОБИОЛОГИЯ

И. В. Максимова. Влияние интенсивности света на некоторые особенности обмена веществ пурпурных бактерий 545

ФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

В. Г. Александров и А. В. Добротворская. Об андроцее у омелы (Viscum album L.) 549

ИОЛОГИЯ

А. В. Жирмунский. Изменение прижизненной окраски коры большого мозга мышей при действии на них сильного звука 553

РИОЛОГИЯ

Н. Н. Ротт. Изменения относительного роста органов цыпленка в течение инкубации при различных постоянных температурах 556

CONTENTS

HEMATICS *Pages*

A. V. Bitsadze. On the uniqueness of the solution of Francl's problem for Chaplyguin's equation 375
I. N. Vecua. Some problems concerning infinitesimal flexures of surfaces . . . 377
G. Gussi, V. Poenaru and **K. Foiash.** A direct method in the Cauchy problem for a quasilinear hyperbolic equation involving two independent variables 381
P. L. Uljanov. On *A*-integrals of Cauchy for contours 383
B. V. Shabat. Examples of solving the Dirichlet problem for equations of mixed type 386
R. N. Shcherbakov. Projective invariant marks of a ruled surface belonging to a given congruence 390

HANICS

V. V. Petrov and **G. M. Ulanov.** The similarity of sliding, vibrational and optimal conditions of motion in servomechanisms 394

D MECHANICS

S. I. Sidorkina. On some aerosol motions 398

ICS

V. S. Gvozdev and **L. I. Rusinov.** An investigation of the nuclear isomery of Hf^{180m} 401
G. M. Gorodinsky, A. N. Murin, V. N. Pokrovsky, B. K. Preobrazhensky and **N. E. Titov.** Radioactive isotopes of the rare earths formed in a spallation reaction 405

S. S. Dukhin and **B. V. Derjaguin.** A theory of distant interaction between evaporating or growing drops . . . . . .
P. E. Nemirovsky. On the interaction of antiprotons with nuclei . . . . . .
V. G. Nosov. The fine structure in the α-decay of even-even nuclei . . . . .

OCEANOLOGY

E. N. Nevessky. The exploration of littoral deposits, carried out with the aid of a vibropiston tube . . . . . .

BIOPHYSICS

A. G. Beglarian, K. A. Kiandarian and **S. A. Papoian.** Histopathology of the nervous system at different periods of experimental acute radiation disease .

TECHNICAL PHYSICS

A. G. Smaguin. On the rôle of the internal friction in piezoquartz crystals . . .

CHEMISTRY

B. A. Arbusov and **V. A. Frinovskaya.** Oxides of some α-pinene derivatives and their isomerization . . . . . .
O. P. Golova, A. M. Pakhomov and **E. A. Andrievskaya.** New data on the relation between the structure of polysaccharides (cellulose) and the trend of chemical reactions taking place in a thermal decomposition of these compounds . .
J. A. Zhdanov and **G. N. Dorofeyenko.** Syntheses in the region of C—C-substituted carbohydrates . . . . . .
V. V. Korshak, A. M. Poliakova, A. D. Petrov and **V. F. Mironov.** Polymerization of unsaturated organo-germanic compounds . . . . . .
A. N. Nesmeianov, E. G. Perevalova and **Z. A. Beinoravichute.** The reduction of ferrocenecarboxylic acids . . . . . .
V. V. Perekalin and **A. S. Polanskaya.** Interaction between nitroolefines and compounds with active methyl groups . . . . . .
T. I. Temnikova and **B. A. Gontarev.** Benzyliden derivatives of the hydrate form of α-ketols, containing 1,3-dioxolan cycles . . . . . .

PHYSICAL CHEMISTRY

B. A. Dogadkin, I. A. Tutorsky and **D. M. Pevsner.** On the mechanism of vulcanisation with 2-mercaptobensothiasole . . . . . .
S. N. Zadumkin. An approximate calculation of the surface tension of metals . .
D. G. Knorre, Z. K. Maizus and **N. M. Emanuel.** Activation energy of the elementary reaction $RO_2 + RH$ in the oxidation of *n*-decane . . . . .
E. A. Leontiev, V. M. Lukianovich and **B. S. Milman.** An electron microscopic investigation of the structure of globular graphite in cast iron . . . . . .
A. I. Sarachov. The adsorption of vapours on gold surface . . . . . .
N. A. Toropov, B. V. Volkonsky and **V. I. Sadkov.** On the polymorphism of bicalcium silicate . . . . . .

GEOCHEMISTRY

O. V. Shishkina. Interstitial waters of the sediments of the Pacific and the adjoining seas . . . . . .

BIOCHEMISTRY

G. V. Andreyenko. On the protein nature of thrombotropine . . . . . .
T. M. Kalishevskaya. Specific distinction of prothrombokinase of thrombocytes and thrombotropine . . . . . .
N. M. Sisakian, R. M. Bekina and **I. M. Mosolova.** On the cyclophorase activity of the structural elements of a vegetable cell . . . . . .

CHEMICAL TECHNOLOGY

V. A. Kargin, B. M. Kovarskaya, L. I. Golubenkova, M. S. Akutin and **G. L. Slonimskii.** Block-copolymer from phenol-formaldehyde resins and nitrile rubber . . . . . .

GEOLOGY

O. I. Bogush and **O. V. Yuferov.** The Foraminifera and the stratigraphy of the Carboniferous deposits of the Karatau montains and the western spurs of the Thalas Alatau mountain range . . . . . .

Pages

A. S. Eskin. A contribution to the geology of the Ushkanyi islands of lake Baikal 490
T. T. Klubova. On the mineralogical composition of argillaceous rocks from red stratum of the Near-Balkhan region of West Turkmenia 493
Vl. A. Komar and N. M. Chumakov. On Middle and Upper Paleozoic deposits of the Viluy depression 497
G. A. Maximovich. The main types of hydrodynamic profiles of limestone and gypsum karst regions 501
N. A. Plaksenko. On certain regularities in the structure of the stratum of metamorphic rocks of the Pre-Cambrian of the Kursk magnetic anomaly, the causes of their formation and their stratigraphic importance 505
A. A. Sultanayev. On a section through the Carboniferous at the Shartym river (South Urals) 509
N. V. Tageyeva and M. M. Tikhomirova. Certain features in the early diagenesis of sedimentary rocks within the north-west part of the Black sea 513

ERALOGY

B. J. Merenkov, K. I. Tolstihina, A. L. Alexandrov. Tubular structure of serpophite 516
M. A. Umova, R. I. Glebov and P. N. Shibanov. An investigation of the chemical composition of gaseous inclusions in quartz from different deposits 519

AEONTOLOGY

B. P. Vyushkov and P. K. Chudinov. The discovery of Captorhinidae in the Upper Permian of the USSR 523
E. L. Kulik. A discovery of Rhabdoporella in the Upper Devonian deposits of the Russian platform and Kazakhstan 527
V. N. Shimansky. Oncoceratida from the Carboniferous 530

TOLOGY

M. J. Levina. Certain features in the structure of the middle layer (tunica media) of the aorta in the cow at various age 533
A. F. Nikiforov. On the way the neurons of the upper jugular ganglion respond to the severing of the sympathetic nerve in the neck 536

LOGY

E. N. Polivanova. The factors responsible for the number of Pentatomidae cornbugs in the southern grain-growing districts of the European part of the USSR 538
V. V. Khlebovich. Some observations on frost resistance in Polychaeta of the Kuril ridge 542

ROBIOLOGY

I. V. Maximova. Certain peculiarities of metabolism in purple bacteria, as affected by light of different intensity 545

NT MORPHOLOGY

V. G. Alexandrov and A. V. Dobrotvorskaya. A contribution to the study of the androecium in Viscum album L. 549

YSIOLOGY

A. V. Zhirmunsky. Vital staining of encephalon cortex in mice acted upon by powerful sound 553

BRYOLOGY

N. N. Rott. Variations in the relative growth of chick organs in the course of incubation proceeding at different constant temperatures 556

ПОПРАВКИ

В статье А. Л. Картужанского «О перегруппировке скрытого изображе при фотографическом действии ионизующих частиц», помещенной в ДАН, т. № 2, 1956 г., на стр. 286

в формуле (1) верхний предел суммы следует читать: $k = n/n_0$;

в строке 12 в знаменателе следует читать: $(a - b)!$;

в строке 24 следует читать: $n' = n_0$.

В статье Б. А. Скопинцева «Окислительно-восстановительный потенц вод Черного моря», помещенной в ДАН, т. 108, № 6, 1956 г.:

	напечатано	следует читать
стр. 1121, строка 18	$\cong 0{,}170$ в	$\simeq -0{,}170$ в
» 1121 » 19 снизу	152—150	125—150

Т-00363 Подписано к печати 16 II 1957 г. Тираж 5850 экз. Зак. 1
Формат бумаги $70\times108^1/_{16}$. Бум. л. 6 Печ. л. 16,44+7 вкл. Уч.-изд. л. 1

2-я типография Издательства Академии наук СССР. Москва, Шубинский пер.,

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

МАТЕМАТИКА

А. В. БИЦАДЗЕ

О ЕДИНСТВЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ФРАНКЛЯ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ЧАПЛЫГИНА

(Представлено академиком М. А. Лаврентьевым 19 IX 1956)

Наша заметка (1) была посвящена задаче Франкля (2) в случае уравнения врентьева.

Рассмотрим уравнение Чаплыгина

$$k(y)\,u_{xx} + u_{yy} = 0, \tag{1}$$

$$k(0) = 0,\ k'(y) > 0,\ k(-y) = -k(y). \tag{2}$$

В смешанной области D, ограниченной: а) отрезком $A'A$ прямой $x = 0$, $a \leqslant y \leqslant a$; б) характеристикой $A'B$ уравнения (1) $B(a_1, 0)$, $a_1 > 0$; в) жордановой гладкой дугой σ с концами в точках B и A, лежащей в полуплоскости > 0, задача Франкля ставится следующим образом: *найти регулярное в области D решение уравнения* (1), *непрерывное в замкнутой области $\overline{D}$ и удовлетворяющее граничным условиям*:

$$u|_{\sigma} = \varphi, \tag{3}$$

$$u_x|_{A'A} = 0, \tag{4}$$

$$u(0, y) - u(0, -y) = \Psi(y), \quad -a \leqslant y \leqslant a, \tag{5}$$

φ и ψ — заданные функции.

Указанный в (1) способ доказательства единственности решения этой задачи при условии, что

$$dy/ds \geqslant 0, \tag{6}$$

где $x = x(s)$, $y = y(s)$ — параметрические уравнения, а s — длина дуги σ, считываемая от точки B, применим и в случае уравнения (1).

Обозначим через $v(x, y)$ функцию, которая вместе с искомым решением (x, y) удовлетворяет системе уравнений

$$k(y)\,u_x - v_y = 0, \quad u_y + v_x = 0. \tag{7}$$

При условии, что $v(0, 0) = 0$, функция $v(x, y)$ однозначно определяется помощью $u(x, y)$ из соотношений (7). Дополнительно будем требовать, что $u(x, y)$ удовлетворяла условиям, обеспечивающим непрерывность $v(x, y)$ замкнутой области $\overline{D}$.

По любой замкнутой спрямляемой кривой C, лежащей в области D, силу (7) имеем

$$\int_C (ku^2 - v^2)\,dy + 2uv\,dx = 0. \tag{8}$$

Справедливость равенства (8) очевидна и в том случае, когда C совпадает полной границей области D. Пользуясь этим равенством, легко убедиться,

что однородная задача Франкля ($\varphi = \psi = 0$) имеет только тривиальное р
шение.

В самом деле, так как в силу (4) имеем $v(0, y) \equiv 0$, то на основании (2
(3) и (5) можем написать

$$\int_{\sigma} v^2 y_s ds + \int_{A'B} (\sqrt{-k}u - v)^2 dy = 0. \qquad (9$$

В силу (2) и (6) заключаем, что каждое слагаемое в правой части (9) рав
нулю. Следовательно, на участках дуги σ, где $dy/ds > 0$, имеем $u = v =$
Но в эллиптической части D_1 смешанной области D система (7) эллиптичн
Поэтому, на основании результатов Карлемана ([3]) и И. Н. Векуа ([4])
заключаем, что $u = v = 0$ в области D_1. Следовательно, имеем

$$u(x, 0) = 0, \quad u_y(x, 0) = 0, \quad 0 \leqslant x \leqslant a_1. \qquad (10$$

С другой стороны хорошо известно (см., например, ([5])), что сингулярна
задача Коши (10) при довольно общих ограничениях относительно функци
$k(y)$ не может иметь отличного от нуля решения. Таким образом, $u =$
всюду в области D.

Ограничение (6), наложенное на σ, вызвано лишь методом доказател
ства.

Заметим, что интегральное уравнение, к которому можно редуцирова
доказательство существования решения задачи Франкля в рассматрива
мом случае, в своей сингулярной части в действительности не сильно о
личается от ядра, полученного в ([1]) интегрального уравнения, но тем
менее оно нуждается в дополнительных исследованиях.

Математический институт им. В. А. Стеклова
Академии наук СССР

Поступило
17 IX 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. В. Бицадзе, ДАН, **109**, № 6 (1956). [2] Ф. И. Франкль, Прикл. мате
и мех., **20**, № 2 (1956). [3] T. Carleman, C. R., **197**, 471 (1933). [4] И. Н. Векуа
Матем. сборн., **31** (73), № 2 (1952). [5] M. H. Protter, Canad. J. Math., **6**, № 4 (1954

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

МАТЕМАТИКА

Член-корреспондент АН СССР И. Н. ВЕКУА

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ БЕСКОНЕЧНО МАЛЫХ ИЗГИБАНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В настоящей работе, являющейся дальнейшим развитием некоторых жних результатов автора ([1,2]), рассматривается ряд основных вопросов рии бесконечно малых изгибаний, которые связаны также с безмомент- теорией оболочек. Особое внимание уделяется рассмотрению связей, со- стимых с бесконечно малыми изгибаниями и обладающих свойствами мального типа краевых задач.

Всякой поверхности мы будем сопоставлять некоторую оболочку по- янной толщины, для которой она (поверхность) служит срединной по- хностью. В дальнейшем бесконечно малые изгибания поверхности будем ывать просто изгибаниями, безмоментное напряженное состояние равно- ия оболочки — безмоментным напряжением. Говоря о вариации вели- ны A, выражающей некоторое свойство поверхности, будем иметь в виду вую ее вариацию δA, соответствующую какому-нибудь изгибанию.

При изгибаниях вектор смещения $\mathbf{U}$, в дальнейшем называемый векто- м изгибания, удовлетворяет равенству: $d\mathbf{U}d\mathbf{r} = 0$ ($\mathbf{r}$ — радиус-вектор верхности), в силу которого $d\mathbf{U} = \mathbf{V} \times d\mathbf{r}$, где $\mathbf{V}$ — так называемый ктор вращения. Это означает, что в результате изгибания каждая элемен- ная площадка поверхности перемещается как жесткая фигура.

Производная вектора $\mathbf{V}$ в некотором касательном к поверхности направ- нии $\mathbf{s}$ ($|\mathbf{s}| = 1$) представляет собой вектор усилия $\mathbf{T}_{(l)}$ безмоментного пряжения, действующего на площадку с нормалью $\mathbf{l}$: $d\mathbf{V} = \mathbf{T}_{(l)}\,ds$ ($\mathbf{l} \perp \mathbf{s}$; $\mathbf{s} = \mathbf{n}$ — орт нормали поверхности; $\mathbf{n}, \mathbf{l}, \mathbf{s}$ — триедр правого вращения). о позволяет всякому изгибанию сопоставить вполне определенное без- ментное напряжение и наоборот. Это соответствие является взаимно- нозначным (с точностью до тривиального изгибания) для односвязной верхности. В случае же многосвязной поверхности, если ее граница со- ит из $m+1$ простых кусочно-гладких кривых $L_0, L_1, \ldots, L_m$, совокуп- сть которых обозначим через L, то выполнение равенств

$$\int_{L_j} \mathbf{T}_{(l)}\,ds = 0, \quad \int_{L_j} \mathbf{r} \times \mathbf{T}_{(l)}\,ds = 0 \quad (j = 0, 1, \ldots, m) \tag{1}$$

ляется необходимым и достаточным условием однозначности векторов гибания и вращения. Эти равенства означают, что на каждом граничном нтуре усилия должны быть статически эквивалентны нулю.

Пусть $\mathrm{I} \equiv a_{\alpha\beta}\,dx^\alpha\,dx^\beta$, $\mathrm{II} \equiv b_{\alpha\beta}\,dx^\alpha\,dx^\beta$ — первая и вторая основные квад- тичные формы поверхности относительно произвольно выбранной системы ординат x^1, x^2. При изгибаниях $\delta a_{\alpha\beta} = 0$, а $\delta b_{\alpha\beta}$ удовлетворяют следую- й системе уравнений:

$$\nabla_\alpha T^{\alpha\beta} = 0 \ (\beta = 1, 2), \quad b_{\alpha\beta} T^{\alpha\beta} = 0 \ (T^{\alpha\beta} = T^{\beta\alpha}), \tag{2}$$

е $T^{\alpha\beta} = c^{\alpha\lambda} c^{\beta\gamma} \delta b_{\lambda\gamma}$ ($c^{11} = c^{22} = 0$, $c^{12} = -c^{21} = 1/\sqrt{a}$; $a = a_{11}a_{22} - a_{12}^2$) ставляют контравариантные компоненты тензора усилия безмоментного пряжения: $\mathbf{T}_{(l)} = T^{\alpha\beta} l_\alpha \mathbf{r}_\beta$ ($l_\alpha = \mathbf{l}\mathbf{r}_\alpha$). Компоненты вектора изгибания $= u_\alpha \mathbf{r}^\alpha + u_0 \mathbf{n} \equiv u^\alpha \mathbf{r}_\alpha + u_0 \mathbf{n}$ удовлетворяют сопряженной к (2) системе авнений

$$\frac{1}{2}(\nabla_\alpha u_\beta + \nabla_\beta u_\alpha) - b_{\alpha\beta} u_0 = 0 \quad (\alpha, \beta = 1, 2). \tag{3}$$

Поэтому будет выполняться равенство

$$\int_L T^{\alpha\beta} l_\alpha u_\beta \, ds \equiv \int_L \mathbf{UT}_{(l)} \, ds = 0,$$

означающее, что *суммарная работа контурных усилий безмоментного на-пряжения на перемещениях, соответствующих любому изгибанию средин-ной поверхности, равна нулю*, т. е. эти изгибания являются возможным перемещениями в отношении связей, эквивалентных контурным усилия безмоментного напряжения.

Если рассматривается тонкая упругая оболочка, подчиняющаяся закон Гука, то с достаточным приближением можно считать, что всякое изгибани срединной поверхности будет поддерживать в оболочке состояние чисто мо ментного напряженного равновесия, ибо такая деформация не вызывае удлинений линейных элементов и сдвигов. Поэтому связи, совместимые изгибаниями и однозначно их определяющие, будут эквивалентны статиче ским условиям, обеспечивающим в упругой оболочке чисто моментное на пряженное состояние равновесия. В частности, при жестких связях, несо вместимых с изгибаниями, упругая оболочка не может находиться в состоя нии чисто моментного (ненулевого) напряженного равновесия. Но жестки связи с большим запасом прочности практически не всегда приемлемы. Пр наличии таких связей любая деформация поверхности будет вызывать растя жения (сжатия) и сдвиги, что может привести иногда к нежелательным по следствиям (образование трещин и складок, разрушение связей и др.).

Поэтому значительный интерес представляют такие жесткие связи, кото рые обладают известными свойствами корректности. Речь идет о таких жест ких связях, которые, не обладая значительным запасом прочности, сравни тельно легко поддаются возмущениям, приводящим их к связям, совмести мым с изгибаниями. Но осуществление и поддерживание такого рода свя зей требуют специальных геометрических и механических устройств ([2]).

В случае поверхности положительной кривизны такого рода связи вообще говоря, эквивалентны кинематическим связям, фиксирующим в каж дой граничной точке лишь одну степень свободы.

Весьма важный класс такого рода связей составляют линейные связи вида $\mathbf{R}(\mathbf{U}) = f$, где $\mathbf{R}$ — некоторый однородный аддитивный оператор удовлетворяющий условиям: однородные связи $\mathbf{R}(\mathbf{U}) = 0$ допускают лиш конечное число ν линейно независимых изгибаний, а неоднородные (возму щенные) связи $\mathbf{R}(\mathbf{U}) = f$ при любой непрерывной правой части, ортого нальной некоторой системе μ линейно независимых функций, совместимы с изгибаниями поверхности. При $\nu = \mu = 0$ мы будем иметь корректны связи. Если $\nu > 0$, а $\mu = 0$, то связи вида $\mathbf{R}(\mathbf{U}) = f$ будем называть квазикорректными. Путем присоединения к ним специально подобранных связей (например точечных), ограничивающих ν степеней свободы, они превращаются в корректные связи. При $\nu \geqslant 0$ и $\mu > 0$ связи вида $\mathbf{R}(\mathbf{U}) =$ будем называть слабо-корректными. Эти связи труднее превратить в кор ректные связи. Здесь требуется одновременно как добавление новых связей, ограничивающих конечное число ν степеней свободы, так и осво бождение некоторого числа наличных связей, фиксирующих конечное число μ степеней свободы.

Связи вида $\mathbf{R}(\mathbf{U}) = f$ получаем, например, при скольжении (непрерыв ном контакте) контура поверхности по идеально гладкой поверхности твердого тела ([2])). Ниже мы увидим, что такого рода связи можно получить также путем склеивания поверхностей.

Тензор $\delta b_{\alpha\beta}$ можно выразить через две скалярные функции p и q, имеющие непосредственный геометрический смысл:

$$\frac{1}{2}(k_1 - k_2)\,\delta b_{\alpha\beta} = (H b_{\alpha\beta} - K a_{\alpha\beta})\,p + \frac{1}{2}(c_{\alpha\lambda} b^\lambda_\beta + c_{\beta\lambda} b^\lambda_\alpha)\,q, \tag{5}$$

$$p = \frac{2}{k_1 - k_2}\,\delta H, \quad q = (k_1 - k_2)\,\delta\chi, \tag{6}$$

k_1, k_2 — главные кривизны ($K = k_1k_2$); δH, $\delta\chi$ — вариации средней кривизны и угла наклона главных направлений, орты которых обозначим через $\mathbf{s}_1$, $\mathbf{s}_2$ ($\mathbf{n} = \mathbf{s}_1 \times \mathbf{s}_2$ составляет правую систему).

Для нормального и касательного усилий на площадке с нормалью $\mathbf{l}$ имеем формулы:

$$G_l = (k_1 \sin^2\varphi - k_2\cos^2\varphi)\,p + \sin 2\varphi\, q, \quad H_l = H\sin 2\varphi\, p + \cos 2\varphi\, q, \qquad (7)$$

где φ — угол наклона $\mathbf{l}$ к главному направлению $\mathbf{s}_1$. Очевидно, $\mathbf{T}_{(l)} = \mathbf{l}G_l + \mathbf{s}H_l$.

Из (7) следует, что $G_l + G_s = 2\delta H$, т. е. *полусумма нормальных усилий моментного напряжения, приложенных к двум взаимно перпендикулярным площадкам нормального сечения, равна вариации средней кривизны.*

Вариации кривизны k и кручения $\varkappa$ кривой L, лежащей на поверхности и имеющей тангенциальной нормалью $\mathbf{l}$, выражаются по формулам

$$\delta k = G_l\cos\theta, \quad \delta\varkappa = H_l - \frac{d\delta\theta}{ds}, \quad \delta\theta = -\frac{\sin\theta}{k}\,G_l, \qquad (8)$$

где θ — угол между главной нормалью L и нормалью к поверхности (натуральный триедр $\mathbf{s}, \mathbf{m}, \mathbf{b}$ кривой L имеет одинаковую с триедром $\mathbf{n}, \mathbf{l}$ ориентацию). Нетрудно видеть, что G_l и H_l равны вариациям нормальной кривизны и геодезического кручения поверхности в направлении кривой L.

Вариации ортов $\mathbf{n}, \mathbf{l}, \mathbf{s}, \mathbf{m}, \mathbf{b}$ вычисляются по формулам:

$$\delta\mathbf{n} = \mathbf{V}\times\mathbf{n}, \quad \delta\mathbf{l} = \mathbf{V}\times\mathbf{l}, \quad \delta\mathbf{s} = \mathbf{V}\times\mathbf{s}, \quad \delta\mathbf{m} = \mathbf{V}\times\mathbf{m} - \delta\theta\,\mathbf{b}, \quad \delta\mathbf{b} = \mathbf{V}\times\mathbf{b} + \delta\theta\,\mathbf{m}, \qquad (9)$$

Если L есть линия склеивания поверхностей S^+ и S^-, то из формул (9) и из неразрывности деформации ($\mathbf{U}^+ = \mathbf{U}^-$ на L) следует, что вектор вращения $\mathbf{V}$ при переходе через линию склеивания испытывает скачок, выражающийся формулой

$$\mathbf{V}^+ - \mathbf{V}^- = -\delta\vartheta\, s, \quad \delta\vartheta = -\frac{k\sin\vartheta}{k^+k^-}\,\delta k, \quad \vartheta = \theta^- - \theta^+, \qquad (10)$$

причем ϑ — угол склеивания ($\cos\vartheta = n^+n^-$); k^+ и k^- — нормальные кривизны поверхностей S^+ и S^- в направлении кривой L. Дифференцируя обе части равенства (10_1) по дуге, получим следующие условия сопряжения:

$$G_{l^+}\cos\theta^+ - G_{l^-}\cos\theta^- = 0, \qquad H_{l^+} - H_{l^-} + \frac{d\delta\vartheta}{ds} = 0. \qquad (11)$$

Пусть касательная к линии склеивания совпадает в каждой точке с асимптотическим направлением поверхности S^-. Тогда $\cos\theta^- = 0$ и $\delta k = 0$ вдоль L. Если, кроме того, касательная к L нигде не совпадает с асимптотическим направлением поверхности S^+, то $\cos\theta^+ \neq 0$ и $G_{l^+} = 0$ на L.

Будем говорить, что поверхности склеены жестко, если угол ϑ удовлетворяет условию: $\delta\vartheta = 0$ (угол склеивания не изменяется). В таком случае $G_{l^+} = 0$ и $G_{l^-} = 0$ вдоль L (следовательно, $\delta k = 0$ и $H_{l^+} = H_{l^-}$). Заметим, что если $\vartheta = 0$ или $\vartheta = \pi$, то условие $\delta\vartheta = 0$ всегда выполняется.

Таким образом, краевое условие, равносильное условию $\delta k = 0$ (при $\sin\theta \neq 0$), можно осуществить либо путем жесткого склеивания, либо же путем склеивания поверхности по ее контуру с поверхностью, для которой этот контур является асимптотической кривой (или огибающей таковых).

Рассмотрим регулярную поверхность положительной кривизны. Пусть она отнесена к сопряженно изометрической системе координат. Тогда $ds = \sqrt{aK}\,(dx^2 + dy^2)$ (K — главная кривизна), и системы уравнений (2), (3) можно записать в комплексной форме:

$$\frac{\partial w}{\partial\bar z} + B\bar w = 0, \quad \frac{\partial w_*}{\partial\bar z} - \bar B\bar w_* = 0 \quad \left(\frac{\partial}{\partial\bar z} \equiv \frac{1}{2}\left(\frac{\partial}{\partial x} + i\frac{\partial}{\partial y}\right)\right), \qquad (12)$$

причем

$$w_* = a\sqrt[4]{K}\,(T^{11} - iT^{12}) \quad (T^{22} = -T^{11}), \quad w = (a\sqrt{K})^{-1/2}(u_1 + iu_2), \qquad (13)$$

$$B = -(\mathbf{r}^1 + i\mathbf{r}^2)\frac{\partial^2\mathbf{r}}{\partial z^2} \equiv \frac{1}{4}(\Gamma^1_{22} - \Gamma^1_{11} + 2\Gamma^2_{12}) + \frac{i}{4}(\Gamma^2_{22} - \Gamma^2_{11} - 2\Gamma^1_{12}). \qquad (14)$$

Уравнения (12) приводятся к уравнению Коши — Римана ($w_{\bar{z}} = 0$) лишь в том случае, когда $B = 0$. Это имеет место только для тех поверхностей, которые, как это легко следует из равенства (14) и из условия $\mathbf{n}\mathbf{r}_{z\bar{z}} = 0$, удовлетворяют уравнению вида

$$\frac{\partial^2 \mathbf{r}}{\partial \bar{z}^2} + (f(x, y) + i\, g(x, y))(\mathbf{r}_1 + i\mathbf{r}_2) = 0. \qquad (15)$$

Пусть рассматриваемая поверхность S — овалоид с отверстиями, контуры которых — кусочно-гладкие кривые $L_0, L_1, \ldots, L_m$ (совокупность их обозначаем через L). Пусть эти контуры склеены с некоторыми регулярными поверхностями $S_0, S_1, \ldots, S_m$ соответственно. Обозначим через S_* кусочно-гладкую поверхность $S + S_0 + S_1 \ldots + S_m$, предполагая, что склеивание произведено жестко в тех частях L, которые не касаются асимптотических направлений поверхностей $S_0, S_1, \ldots, S_m$.

Если $S_0, S_1, \ldots, S_m$ — узкие полосы, то поверхность S_* будем называть овалоидом с отороченными краями. Так как на овалоиде $\cos\vartheta \neq 0$, то при изгибаниях S_* вдоль L будем иметь краевое условие $G_l = 0$ (для S). В силу равенства (4), сопряженным для $G_l = f$ однородным контурным условием будет кинематическое условие $u_s = 0$. Таким образом, мы имеем для уравнений (12) сопряженные однородные краевые задачи $G_l = 0$ и $u_s = 0$, изученные в работе автора ([1]) (§§ 8 и 9). Их индексы соответственно равны: $n = 2m - 2$, $n^* = 1 - m$. Для случая овалоида с одним отверстием ($m = 0$) $n = -2$. Поэтому однородная задача $G_l = 0$ не имеет нетривиальных решений. При $m > 1$ эти задачи всегда допускают $3(m - 1)$ линейно независимых решений. Но они должны удовлетворять условиям (1) однозначности векторов $\mathbf{U}$ и $\mathbf{V}$. На основании этого заключаем, что и в случае $m > 1$ невозможно (нетривиальное) изгибание поверхности S. К аналогичному результату приходим и при $m = 1$. Таким образом, имеет место

Теорема. *При бесконечно малом изгибании кусочно-гладкой поверхности $S_* = S + S_0 + \ldots + S_m$ овалоид S (с отверстиями) остается жестким. В частности, овалоид с отороченными краями является жестким.*

Неоднородное краевое условие $G_l = f$ можно рассматривать как возмущение жесткой связи $G_l = 0$ (например неточность выполнения условия $\delta\vartheta = 0$). Но эта задача разрешима лишь при выполнении $3m + 3$ условий вида $\int_L f\chi_j\, ds = 0$ ($j = 1, \ldots, 3m + 3$). Поэтому жесткая связь $G_l = 0$ является слабо-корректной.

Представляет еще интерес выяснить, при каких условиях поверхности $S_0, \ldots, S_m$ также будут жесткими. Например, если S_j — поверхность положительной кривизны, то она заведомо будет жесткой. В этом случае на ее контуре L_j обращаются в нуль G_l и H_l, а это достаточно для того, чтобы $p \equiv q \equiv 0$. Если же L_j содержит дугу асимптотической линии поверхности S_j, то S_j может не быть жесткой. Если отверстия — плоские кривые, то будем иметь усеченный овалоид, жесткость которого доказана иным путем в работе ([3]). В этом случае $S_0, \ldots, S_m$ — плоские фигуры, которые всегда допускают изгибание.

Путем склеивания поверхностей можно получить и ряд других краевых условий для уравнений (12). Например, если склеены два односвязных куска овалоидов вдоль их общего контура L, то условия сопряжения (11) приводят к обобщенной постановке задачи Гильберта ([4]) для уравнений (12).

Математический институт им. В. А. Стеклова
Академии наук СССР

Поступило
4 IX 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] И. Н. Векуа, Матем. сборн., **31** (73); 2, 216 (1952). [2] И. Н. Векуа, Чехословацк. матем. журн., **6**, (81), 143 (1956). [3] И. В. Ефимов, Усп. матем. наук **3**, 2(24), 47 (1948). [4] Н. И. Мусхелишвили, Сингулярные интегральные уравнения, М., 1946.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

МАТЕМАТИКА

Г. ГУССИ, В. ПОЕНАРУ и К. ФОЯШ

ПРЯМОЙ МЕТОД В ЗАДАЧЕ КОШИ ДЛЯ КВАЗИЛИНЕЙНОГО ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ В СЛУЧАЕ ДВУХ НЕЗАВИСИМЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

(Представлено академиком С. Л. Соболевым 29 VIII 1956)

Настоящая заметка содержит некоторые результаты относительно задачи Коши для уравнения

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f\left(x,\ y,\ u,\ \frac{\partial u}{\partial x},\ \frac{\partial u}{\partial y}\right). \tag{1}$$

Дифференциальный оператор $\partial^2 u / \partial x^2 - \partial^2 u / \partial y^2$ заменяется гиперболическим оператором, введенным Бёгелем ([1]):

$$\tilde{\square} u = \lim_{h,\ k \to 0} \frac{u(x+h+k,\ y+h-k) - u(x+h,\ y+h) - u(x+k,\ y-k) + u(x,\ y)}{hk}$$

и рассматривается задача Коши для уравнения

$$\tilde{\square} u = f\left(x,\ y,\ u,\ \frac{\partial u}{\partial x},\ \frac{\partial u}{\partial y}\right). \tag{2}$$

Задача Коши ставится так: найти решение уравнения (2), удовлетворяющее условиям

$$u(x, 0) = \varphi(x),\quad \frac{\partial}{\partial y}\left(u - \frac{\varphi(x+y) + \varphi(x-y)}{2}\right)\Big|_{y=0} = \psi(x),$$

где φ и ψ — функции класса C^0, если f не зависит явно от $\partial u / \partial x$, $\partial u / \partial y$, и φ — функция класса C^1 в противном случае.

Решение поставленной задачи является обобщенным решением уравнения (1) в смысле С. Л. Соболева. Это следует из рассуждений, аналогичных тем, которые использовались Монтелем ([2]).

Для уравнения (2) получаются теоремы существования, единственности, корректности задачи Коши, а также теоремы о продолжаемости, равномерной ограниченности и устойчивости по Ляпунову решений.

Для формулировки этих теорем необходимы следующие определения: Положительная монотонно неубывающая функция $\omega(z)$ называется

1) типа O (Осгуд), если $\int_0^{\eta>0} \frac{dz}{\omega(z)} = \infty$,

2) типа W (Винтнер), если $\int_{\eta>0}^{\infty} \frac{dz}{\omega(z)} = \infty$.

Используя нормальные семейства функций и аналог метода Пеано (метод, примененный Монтелем в задаче Гурса), получаем следующую теорему:

Теорема 1. *Если f непрерывна и*

$$|f(x, y, u, v, w) - f(x, y, u, v', w')| \leqslant K(y)\omega(|v - v'| + |w - w'|),$$

где $K(y)$ — суммируемая функция и $\omega(z)$ типа O, то решение задачи Коши для уравнения (2) *существует.* (Очевидно, если f явно не зависит от du/dx, du/dy, то для существования достаточно, чтобы f была непрерывной.)

Теорема единственности аналогична теореме Осгуда — Тонелли ([3]).

Теорема 2. *Если*

$$|f(x, y, u, v, w) - f(x, y, u', v', w')| \leqslant \leqslant K(y)\,\omega(|u-u'|+|v-v'|+|w-w'|),$$

где $K(y)$—суммируемая функция и $\omega(z)$ типа O, то задача Коши имеет не более одного решения. (Если f не зависит явно от du/dx, du/dy, то K может зависеть и от x, причем $K(x, y)$ — суммируемая функция двух переменных.)

Теорема 3. *Если выполнены условия теорем* 1 *и* 2, *то задача Коши корректна.*

Следующая теорема является аналогом теорем Винтнера ([4]) о продолжаемости решений.

Теорема 4. *Если выполнены условия теорем* 1 *и* 2 *и, кроме того, начальные данные определены для всех x и*

$$|f(x, y, u, v, w)| \leqslant K_1(y)\,\omega_1(|u|+|v+|w|),$$

где $K_1(y)$ суммируема на каждом конечном интервале и $\omega_1(z)$ типа W, то решение продолжаемо во всей плоскости.

Теорема 5. *В условиях теоремы* 4 *если K_1 суммируема на всей оси и начальные данные равномерно ограничены, причем*

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(\xi)|\,d\xi < +\infty,$$

то решение ограничено во всей плоскости.

Теорема 6. *В условиях теоремы* 3, *если $K(y)$ суммируема на всей оси и если выполнено условие теоремы* 4, *то решение устойчиво по Ляпунову.*

Устойчивость понимается в следующем смысле: для всякого $\varepsilon > 0$ можно указать $\eta > 0$ такое, что если

$$\sup_{-\infty<x<+\infty} |\varphi_1(x) - \varphi_2(x)| < \eta, \quad \sup_{-\infty<x<\infty} |\psi_1(x) - \psi_2(x)| < \eta,$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\psi_1(\xi) - \psi_2(\xi)|\,d\xi < \eta,$$

то $|u_1(x, y) - u_2(x, y)| < \varepsilon$ для любых x и y, где u_i — решения уравнения (2), определенные начальными данными φ_i, ψ_i $(i = 1, 2)$.

В теоремах 4, 5, 6, если f не зависит явно от du/dx, du/dy, то K_1 может зависеть и от x, как K в последнем замечании теоремы 2.

Можно построить примеры, показывающие необходимость некоторых из условий предыдущих теорем. Аналогичные результаты можно получить и для систем вида

$$\square u_i = f_i(x, y, u_j, du_j/dx, du_j/dy), \quad i, j = 1, 2, \ldots, n,$$

как для решения задачи Коши, так и для решения задачи Гурса.

Поступило
16 VIII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] K. Bögel, J. f. reine u. angew. Math., **170** (1934). [2] P. Montel, Sur les suites infinies de fonctions Borel, Paris, 1941, ch. II. [3] L. Tonelli, Rend. R. Acc. Naz. dei Lincei, **6**, 1 (1925). [4] A. Wintner, Am. J. Math., **67** (1945).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

МАТЕМАТИКА

П. Л. УЛЬЯНОВ

ОБ A-ИНТЕГРАЛАХ КОШИ ДЛЯ КОНТУРОВ

(Представлено академиком А. Н. Колмогоровым 17 X 1956)

Пусть l—спрямляемый замкнутый контур, на котором задана L-интегрируемая функция $f(\zeta)$. Тогда интеграл

$$\frac{1}{2\pi i}(L)\int_l \frac{f(\zeta)}{\zeta - z}\,d\zeta = F(z), \tag{1}$$

где точка z лежит внутри контура l, а интегрирование берется против часовой стрелки, называют интегралом типа Коши по замкнутому контуру l.

Если контур l достаточно гладкий, то известно, что аналитическая функция $F(z)$ имеет при подходе z к контуру l некасательные предельные значения изнутри этого контура для почти всех точек контура l.

Пусть $F_i(\zeta)$ — предельные значения функции $F(z)$ изнутри контура l, где $\zeta \in l$. Функция $F_i(\zeta)$ может не совпадать с функцией $f(\zeta)$. Более того, функция $F_i(\zeta)$, вообще говоря, неинтегрируема на l ни в смысле Лебега, ни в смысле Данжуа.

Настоящая заметка посвящена вопросу о возможности представления аналитической функции $F(z)$ через $F_i(\zeta)$ по формуле, аналогичной (1), где вместо $f(\zeta)$ стояла бы функция $F_i(\zeta)$.

Более узкая задача была нами решена в заметках ([5], [7]).

Из всего сказанного вытекает, что при решении поставленного вопроса употребление интегрирования по Лебегу или по Данжуа не может привести к цели. Поэтому мы введем некоторое новое интегрирование.

Определение. Пусть в комплексной плоскости ζ задан гладкий контур l длины l_0 с началом в точке ζ_0 и с концом в точке ζ_0' и пусть уравнение контура есть $\zeta = \tau(s) = \tau_1(s) + i\tau_2(s)$, где s—длина дуги части кривой l от точки ζ_0 до точки ζ ($\zeta_0 = \tau(0)$, $\zeta_0' = \tau(l_0)$). Тогда функцию $f(\zeta) = f_1(s) + if_2(s)$, определенную на l, мы называем A-интегрируемой на l, если A-интегрируемы на $0 \leqslant s \leqslant l_0$ каждая из функций

$$\varphi_1(s) = [f_1(s)\tau_1'(s) - f_2(s)\tau_2'(s)],$$
$$\varphi_2(s) = [f_2(s)\tau_1'(s) + f_1(s)\tau_2'(s)].$$

Комплексное число

$$I = (A)\int_0^{l_0} \varphi_1(s)\,ds + i\,(A)\int_0^{l_0} \varphi_2(s)\,ds$$

по определению будем называть A-интегралом функции $f(\zeta)$ по кривой l:

$$(A)\int_l f(\zeta)\,d\zeta = I. \tag{2}$$

По поводу определения и свойств A-интеграла на отрезке см. ([1], [3], [4], [6]).

Если контур l является единичной окружностью, то $\zeta = e^{is}$ $(0 \leqslant s \leqslant 2\pi)$, и для этого случая формула (2) дает

$$(A)\int\limits_{|\zeta|=1} f(\zeta)\,d\zeta = -(A)\int\limits_0^{2\pi} [f_1(s)\sin s + f_2(s)\cos s]\,ds + \\ + i\,(A)\int\limits_0^{2\pi} [f_1(s)\cos s - f_2(s)\sin s]\,ds,$$

т. е. получаем определение A-интеграла по окружности, которое бы введено нами ранее ([8]).

Для A-интегралов от действительных функций, определенных на резке, справедлива формула замены переменных. Именно, имеет мес следующая теорема.

Теорема 1. *Если* $f(x) \in A(a, b)$ *и функция* $x = \varphi(y)$ *такова, чт переводит некоторый отрезок* $[c, d]$ *на* $[a, b]$ *и при этом* $0 < B_1 \leqslant |\varphi'(y)| \leqslant B_2 < \infty$, *то*

$$(A)\int\limits_a^b f(x)\,dx = (A)\int\limits_c^d f(\varphi(y))\,\varphi'(y)\,dy,$$

где B_1 *и* B_2 *— некоторые постоянные.*

Теперь мы можем сформулировать основной результат.

Теорема 2. *Пусть* l *— замкнутый контур, ограничивающий о ласть* G, *и пусть уравнение контура имеет вид* $\zeta = \tau(s) = x(s) + iy(s)$ *где функции* $x(s)$ *и* $y(s)$ *удовлетворяют условию*

$$|x'(s_2) - x'(s_1)| \leqslant k|s_2 - s_1|^\alpha, \quad |y'(s_2) - y'(s_1)| \leqslant k|s_2 - s_1|^\alpha$$

для всех s_1 *и* s_2 *при некоторых постоянных* $k > 0$ *и* $\alpha > 0$.

Тогда, если аналитическая функция $F(z)$ *представима в област* G *через* L*-интеграл типа Коши, т. е. если*

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i}(L)\int\limits_l \frac{f(\zeta)}{\zeta - z}\,d\zeta \quad (z \in G,\ f(\zeta) \in L(l)),$$

то

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i}(A)\int\limits_l \frac{F_i(\zeta)}{\zeta - z}\,d\zeta,$$

где $F_i(\zeta)$ *— предельные значения функции* $F(z)$ *изнутри области* G.

Другими словами, при условиях (5), накладываемых на контур l:

Всякий L*-интеграл типа Коши является* A*-интегралом Коши* *.

Из этой теоремы мы можем заключить, что предельные значени интеграла типа Коши для замкнутого контура являются A-интегрируе мыми функциями на этом контуре.

Теорема 3. *Пусть аналитическая функция* $F(z)$ *представима виде* L*-интеграла типа Коши в области* G, *ограниченной контуром* l *и пусть* $\beta(z)$ *ограниченная аналитическая функция в области* G.

Тогда

$$(A)\int\limits_l F_i(\zeta)\,\beta(\zeta)\,d\zeta = 0.$$

* Частный случай этой теоремы (l-окружность) был нами разобран в заметке ([

Следствие. Если в качестве $\beta(z)$ взять $\beta(z) = z^n$ $(n = 0, 1, \ldots)$, из теоремы 3 вытекает, что

$$(A)\int_l F_i(\zeta)\zeta^n d\zeta = 0 \quad (n = 0, 1, \ldots), \tag{8}$$

. все моменты функции $F_i(\zeta)$ по контуру l равны нулю.

Таким образом, предельные значения аналитических функций $F(z)$, орые представимы L-интегралом типа Коши для замкнутых контуров, адают с точки зрения A-интегрирования рядом свойств, вполне ана-ичных свойствам аналитических функций из класса H_1 или E_1.

Замечание 1. Можно так же рассматривать L-интегралы типа Коши и разомкнутых контуров. В этом случае также можно получить ряд ультатов относительно свойств предельных значений аналитических кций, представимых L-интегралом Коши для некоторого разомкнутого тура.

Замечание 2. Условия (5), накладываемые на контур l, можно, бще говоря, еще ослабить. Так как ослабленные условия более гро-дки, чем условия (5), то мы их не приводим.

Поступило
25 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. Н. Колмогоров, Основные понятия теории вероятностей, М.— Л., 1936. И. Привалов, Граничные свойства аналитических функций, М.— Л., 1950. C. Titchmarsh, Proc. London Math. Soc., **29**, 49 (1929). [4] П. Л. Ульянов, ем. сборн., **35**, 469 (1954). [5] П. Л. Ульянов, Усп. матем. наук, **10**, 3 (65), 184 5). [6] П. Л. Ульянов, ДАН, **102**, № 6, 1077 (1955) [7] П. Л. Ульянов, 3-го Всесоюзн. матем. съезда, **1**, 107, 1956. [8] П. Л. Ульянов, Усп. матем. наук, в. 5, 223 (1956).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

МАТЕМАТИКА

Б. В. ШАБАТ

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ДИРИХЛЕ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ СМЕШАННОГО ТИПА

(Представлено академиком М. А. Лаврентьевым 28 VII 1956)

При изучении установившихся двумерных безвихревых течений идеального газа в соплах рассматривают два способа перехода через скорость звука: а) скорость звука достигается в некотором сечении сопла, близком к минимальному, так что линия перехода простирается от одной стенки к другой; б) сверхзвуковые зоны примыкают к стенкам сопла вблизи минимального сечения. В плоскости годографа этим двум способам перехода соответствуют две граничные задачи для линейных уравнений с частными производными второго порядка смешанного типа, которые в упрощенной постановке сводятся, соответственно, к задачам Трикоми и Дирихле.

В то время как первой из этих задач посвящена обширная литература, вторая, насколько нам известно, в литературе не рассматривалась. Мы приводим в настоящей заметке несколько примеров, относящихся к постановке второй задачи, ради простоты ограничиваясь моделью уравнения смешанного типа («Лаплас — струна»), которую предложил М. А. Лаврентьев (1) и которую успешно исследовал А. В. Бицадзе (2) и др.

1°. Начнем с решения задачи Дирихле для простейшего уравнения гиперболического типа

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0. \tag{1}$$

Пусть область D представляет собой луночку, ограниченную отрезком $[0,1]$ оси x и кривой L: $y = -y(x)$, где $y(x)$ — дважды дифференцируемая функция, удовлетворяющая условиям:

$$y(x) > 0 \quad \text{для} \quad 0 < x < 1; \quad y(0) = y(1) = 0; \quad |y'(x)| \leqslant 1, \tag{2}$$

причем равенство достигается в изолированных точках. Пусть на отрезке задана функция $F_1(x)$, а на L — функция $F_2(x)$, причем F_1 и F_2 дважды дифференцируемы и $F_1(0) = F_2(0)$, $F_1(1) = F_2(1)$. Требуется найти дважды дифференцируемую функцию $u(x, y)$, удовлетворяющую в D уравнению (1) и принимающую на границе заданные значения.

Теорема 1. *В принятых условиях задача Дирихле для уравнения (1) имеет континуальное множество решений, которые, вообще говоря, не имеют предела при $(x, y) \to (0,0)$. Условие существования такого предела выделяет единственное решение задачи.*

Для доказательства рассмотрим общее решение уравнения (1)

$$u = f(x + y) + f_1(x - y), \tag{3}$$

где f и f_1 — произвольные дважды дифференцируемые функции. Подстановка граничных значений приводит к функциональному уравнению

$$f[\lambda(x)] - f(x) = F(x), \quad 0 < x < 1, \tag{4}$$

где строго возрастающая функция $\lambda(x)$ ($\lambda(x) < x$ для $0 < x < 1$, $\lambda(0) = \lambda(1) = 1$) определяется из уравнений

$$t + y(t) = x, \quad t - y(t) = \lambda(x) \tag{5}$$

и $F(x) = F_1(x) - F_2\left[\frac{x + \lambda(x)}{2}\right]$ — известная функция, $F(0) = F(1) = 0$.

Функциональное уравнение (4) имеет континуальное множество решений: но произвольно задавать функцию $f(x)$ на некотором отрезке $\lambda_0]$, где $\lambda_1 = \lambda(\lambda_0)$ и тогда согласно (4) продолжать эту функцию на отрезок $[0,1]$. Если при этом подчинить задаваемую функцию $f(x)$ онцах отрезка $[\lambda_1, \lambda_0]$ соответствующим условиям, то функция, получаю-ся при продолжении, будет дважды дифференцируемой, однако, вообще ря, она не имеет предела при $x \to 0$. Таким образом, существует конти-льное множество решений рассматриваемой задачи.

При дополнительном предположении, что $\lim\limits_{x \to 0} f(x)$ существует, реше-

уравнения (4) определяется единственным образом, если небречь постоянным слагаемым, несущественным для наших целей. мом деле, итерируя соотношение (4), найдем

$$f(x) = f[\lambda^n(x)] - \sum_{k=0}^{n-1} F[\lambda^k(x)]$$

полагаем $\lambda^0(x) = x$, $\lambda^k(x) = \lambda[\lambda^{k-1}(x))$; отсюда видно, что существует решение уравнения (4), имеющее $\lim\limits_{x \to 0} f(x) = A$, то сумма

равой части также имеет предел и $f(x) = A - \sum\limits_{k=0}^{\infty} F[(\lambda^k(x)]$ опреде-

тся вполне. Теорема доказана.

Можно также указать достаточные условия, наложенные на функции и $F(x)$, при которых решение задачи, имеющее предел при $(x, y) \to (0, 0)$, ествует. Простейшим из таких условий является возможность предста-ь эти функции вблизи $x = 0$ в виде $\lambda(x) = \alpha x + o(x)$, $0 \leqslant \alpha < 1$, и $F(x) = ax + o(x)$, где $o(x)$ — малая высшего порядка относительно x.

2°. Рассмотрим теперь случай решения задачи Дирихле для уравнения шанного типа, который можно рассматривать как предельный для обобщенной задачи Трикоми. Для простоты предположим, что область D — хний полукруг D_1 с диаметром $[0, 1]$, дополненный луночкой D_2, граница орой L удовлетворяет условиям (2). В этой области рассмотрим уравне-

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \operatorname{sign} y \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \qquad (6)$$

иптического типа в D_1 и гиперболического в D_2 ($\operatorname{sign} y = y/|y|$ — знак y). решением будем называть функцию $u(x, y)$, непрерывную в D со своими тными производными первого порядка и при $y \neq 0$ имеющую вторые тные производные, удовлетворяющие (6).

Теорема 2. *Если кривая L удовлетворяет кроме условий* (1) *еще овию*

$$y'(x) \leqslant \frac{y(x)}{x - x^2 + y^2(x)}, \quad 0 \leqslant x \leqslant 1, \qquad (7)$$

равенство достигается лишь в изолированных точках, то в классе функций, рерывных в $\bar{D}$, задача Дирихле для уравнения (6) *не может иметь более ого решения.*

Доказательство несущественно отличается от доказательства соответствующей теоремы А. В. Бицадзе ([2], § 13).

Замечание. Условию (7) удовлетворяют, в частности, все параболы $ax(1-x)$ при $a < 1$.

Теорема 3. *В условиях теоремы 2 и при дополнительном условии*

$$|y'(x)| \leqslant q < 1 \qquad (8)$$

ча Дирихле для уравнения смешанного типа (6) *разрешима.*

В области D_2 представляем решение в виде (3) и, повторяя с небольшими изменениями рассуждения А. В. Бицадзе ([2]), приходим к уравнению

$$f(x)+f[\lambda^2(x)]-\int_0^1 k(x,t)\,f[\lambda(t)]\,dt=g(x),\quad 0\leqslant x\leqslant 1,$$

где

$$k(x,t)=\frac{1}{\pi^2}\sqrt{\frac{x(1-x)}{t(1-t)}}\int_0^1\sqrt{\frac{\lambda(\tau)[1-\lambda(\tau)]}{\tau(1-\tau)}}\left(\frac{1}{\tau-x}-\frac{1}{\tau+x-2\tau x}\right)\times$$
$$\times\left(\frac{1}{t-\lambda(\tau)}-\frac{1}{t+\lambda(\tau)-2t\lambda(\tau)}\right)d\tau$$

и $g(x)$ — известная функция ([2], стр. 49); $k(0,t)\equiv k(1,t)\equiv 0$, $g(0)=g(1)=0$.

Из условия (8) видно, что ряды

$$K(x,t)=\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n k[\lambda^{2n}(x),t],\quad G(x)=\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n g[\lambda^{2n}(x)]$$

сходятся на любом отрезке $[0,x_0]$, $x_0>1$; так как $\lambda(1)=1$ и $k(1,t)=g(1)=0$, то они сходятся и для всех x из отрезка $[0,1]$. Итерируя (9) и предполагая без ограничения общности, что $f(0)=0$, получим для $0\leqslant x\leqslant 1$

$$f(x)-\int_0^1 K(x,t)\,f[\lambda(t)]\,dt=G(x)$$

(законность предельного перехода под знаком интеграла проверяется легко).

Заменяя здесь x на $\lambda(x)$ и обозначая $f[\lambda(x)]=h(x)$, $G[\lambda(x)]=H(x)$, $K[\lambda(x),t]=L(x,t)$, получим уравнение типа Фредгольма

$$h(x)-\int_0^1 L(x,t)\,h(t)\,dt=H(x).$$

Из теоремы 2 следует, что оно разрешимо, а это и доказывает теорему.

3°. В качестве следующего примера рассмотрим решение задачи Дирихле для уравнения эллиптического типа в круге $\rho<1$ и гиперболического в кольце $1<\rho<h$:

$$\rho^2\frac{\partial^2 u}{\partial\rho^2}+\rho\frac{\partial u}{\partial\rho}+\operatorname{sign}(1-\rho)\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}=0 \qquad (10)$$

(ρ и t — полярные координаты); граничные значения задаются на окружности $\rho=h$.

Теорема 4. *Существует всюду плотное множество значений $h>1$, для которых задача Дирихле для уравнения* (10) *имеет единственное решение при любых (дважды дифференцируемых) граничных значениях, а также всюду плотное множество значений h, для которых эта задача либо не разрешима, либо имеет континуальное множество решений.*

Для доказательства заметим, что в кольце $1<\rho<h$ решение уравнения (10) представляется в виде

$$u=f(\ln\rho+t)+f_1(\ln\rho-t).$$

Обозначим $\varphi(t)$ значения этого решения на окружности $\rho=1$ и по этим значениям построим гармоническую в круге $\rho<1$ функцию. Записывая условие непрерывности $du/d\rho$ на окружности $\rho=1$, получаем

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\varphi'(\tau)\operatorname{ctg}\frac{\tau-t}{2}\,d\tau=2f'(t)-\varphi'(t).$$

сингулярное интегральное уравнение легко обращается:

$$\varphi'(t) = f'(t) - \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f'(\tau)\operatorname{ctg}\frac{\tau - t}{2}\,d\tau. \qquad (11)$$

становка граничных значений на окружности $\rho = h$ приводит к со-
шению $f'(t+a) - f'(t-a) + \varphi'(t-a) = F'(t)$, где $a = \ln h$ и $F(t)$ —
нные на $\rho = h$ значения. Заменяя здесь t на $t+a$ и подставляя
то $\varphi'(t)$ ее выражение из (11), получаем

$$f'(t+2a) - \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f'(\tau)\operatorname{ctg}\frac{\tau - t}{2}\,d\tau = F'(t+a).$$

Обычными для теории интегральных уравнений методами (см., напри-
([3])), находим

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f'(\tau+2a)\operatorname{ctg}\frac{\tau - t}{2}\,d\tau + f'(t) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} F'(\tau+a)\operatorname{ctg}\frac{\tau - t}{2}\,d\tau.$$

Заменим в интеграле слева переменную τ на $\tau - 2a$ и сложим это урав-
ие с предыдущим, в котором t заменено на $t + 2a$; получим

$$f'(t+4a) + f'(t) = G(t), \qquad (12)$$

$G(t) = F'(t+3a) + \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} F'(\tau+a) + \frac{\tau - t}{2}$ — известная функция.

Функциональное уравнение (12) легко решается с помощью рядов
ье: если положить $G(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k e^{ikt}$ и $f'(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \gamma_k e^{ikt}$, то для
еделения неизвестных коэффициентов γ_k будем иметь систему урав-
ий

$$2\gamma_k \cos 2ak = c_k e^{-2aik}. \qquad (13)$$

и $a \neq \frac{2m+1}{2n}\frac{\pi}{2}$, где m и n — натуральные числа, то система (13)
решима при любых c_k; при этом если $\frac{a}{\pi}$ — алгебраическое число, лег-
доказать сходимость ряда для f' вместе с рядом для G. Если же
$\frac{2m+1}{2n}\frac{\pi}{2}$, то система (13), вообще говоря, неразрешима. Она оказы-
тся разрешимой лишь при дополнительном условии обращения в нуль
тветствующих коэффициентов c_k, но в этом случае решается неодно-
чно — с точностью до любой функции, в разложение Фурье которой
дят гармоники лишь тех номеров k, для которых $\cos 2ak = 0$. Teo-
а доказана.

4°. Рассмотрим снова уравнение смешанного типа (6), но теперь в
уплоскости $y > -h$ $(h > 0)$; граничные значение задаем на прямой
$-h$. Предполагаем, что заданная функция дважды дифференцируема
довлетворяет вместе со своей производной первого порядка условию
ьдера в бесконечности с показателем $\alpha < 1$.

Теорема 5. *Сформулированная задача Дирихле для уравнения* (6)
*любом h имеет континуальное множество решений. Дополнительное
дположение о существовании предела производной решения при
$-\infty$ выделяет единственное решение задачи.*

Доказательство аналогично предыдущему.

Поступило
9 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] М. А. Лаврентьев, А. В. Бицадзе, ДАН, 70, № 3, 373 (1950). [2] А. В. Би-
зе, Тр. Инст. им. В. А. Стеклова, АН СССР, 41 (1953). [3] С. Г. Михлин, Ин-
альные уравнения, М., 1949.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

МАТЕМАТИК

Р. Н. ЩЕРБАКОВ

ПРОЕКТИВНО-ИНВАРИАНТНЫЕ РЕПЕРЫ ЛИНЕЙЧАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ПРИНАДЛЕЖАЩЕЙ ДАННОЙ КОНГРУЕНЦИИ

(Представлено академиком П. С. Александровым 3 IX 1956)

В настоящей статье рассматриваются проективно-инвариантные репер линейчатой поверхности, принадлежащей данной конгруенции (анал гичные построения в метрической и аффинной геометриях проведены ([1], [2])). Обозначения, в основном, соответствуют принятым в ([3], [4]).

§ 1. Построение реперов. Пусть A_1A_2 — луч конгруенции, A_1, A_2, A_3, A_4 — вершины репера. В деривационных форму лах $dA_i = \omega_i^k A_k$ формы Пфаффа $\omega_i^k = a_i^k \omega_1^3 + b_i^k \omega_1^4$ удовлетворяют извес ным уравнениям структуры $D\omega_i^k = [\omega_i^j \omega_j^k]$. Приняв за основные форм ω_1^3 и ω_1^4, и проведя первый шаг фиксации репера, получим: $\omega_2^3 = \omega$ $\omega_2^4 = \omega_1^3$. При этом фокусы F_i луча определятся равенствами $F_1 = A_1 + A$ $F_2 = A_1 - A_2$, а торсы конгруенции уравнением $(\omega_1^3)^2 - (\omega_1^4)^2 = 0$.

Две линейчатые поверхности S_1 и S_2, проходящие через данный лу конгруенции и сопряженные в смысле Санниа ([5]), могут быть характери зованы в проективно-дифференциальной геометрии следующим свойством касательная плоскость поверхности S_1 в любой точке M_1 луча являето касательной плоскостью поверхности S_2 в точке M_2 луча, гармонически сопряженной с M_1 относительно фокусов луча, причем касательная пло скость поверхности S_1 в M_2 является касательной плоскостью поверх ности S_2 в M_1.

При нашей фиксации уравнение $\omega_1^3 \omega_1^4 = 0$ выделяет сопряженную сет линейчатых поверхностей, принадлежащих конгруенции, а плоскост $A_1A_2A_3$ и $A_1A_2A_4$ являются касательными плоскостями этих поверхно стей в точках A_1 и A_2.

На втором шаге фиксации возникают два варианта. В обоих вариан тах точки $G_1 = A_3 + A_4$ и $G_2 = A_3 - A_4$ попадают на лучи конгруенци K_1 и K_2, являющихся преобразованиями Лапласа данной конгруенци при помощи, соответственно, первой и второй фокальных сетей, и про изводится нормирование, исключающее из рассмотрения линейчатые по верхности, у которых вырождается хотя бы одна фокальная линия.

В первом варианте (K-репер) фиксация происходит так, что прямы A_1A_4 и A_2A_3 принадлежат соприкасающемуся комплексу сети для дан ного луча (т. е. комплексу прямых, определяемому данным лучом и дву мя парами бесконечно близких лучей линейчатых поверхностей сет проходящих через этот луч), а во втором (M-репер) — так, что вершин являются медианными ([6]) точками луча относительно фокусов.

Последний шаг фиксации производится так, что прямая A_3A_4 стан вится прямой, соединяющей вторые фокусы лучей конгреунций K_1 и K (эти фокусы совпадают с точками G_1 и G_2). Присоединив еще обычно нормирование $(A_1A_2A_3A_4) = 1$, получим следующие соотношение для ко эффициентов a_i^k и b_i^k:

$$b_1^3 = a_1^4 = a_2^3 = b_2^4 = 0, \quad a_1^3 = b_1^4 = b_2^3 = a_2^4 = 1,$$
$$a_1^1 + a_2^2 + a_3^3 + a_4^4 = b_1^1 + b_2^2 + b_3^3 + b_4^4 = 0,$$

$$a_1^2 - a_2^1 = b_1^1 - b_2^2 = A, \quad b_1^2 - b_2^1 = a_1^1 - a_2^2 = B,$$
$$a_4^3 - a_3^4 = b_3^3 - b_4^4 = A^*, \quad b_4^3 - b_3^4 = a_3^3 - a_4^4 = B^*,$$
$$a_3^2 - a_4^1 = b_4^2 - b_3^1, \quad b_3^2 - b_4^1 = a_4^2 - a_3^1,$$
$$B^2 - A^2 = c = \text{const}, \quad A + \varepsilon A^* = 0,$$

$\varepsilon = +1$ для K-репера и $\varepsilon = -1$ для M-репера.

С учетом этих соотношений условия интегрируемости деривационных мул будут содержать 11 внешних дифференциальных уравнений на функций и будут определять конгруенцию, отнесенную к произволь- сети сопряженных линейчатых поверхностей, с произволом 3 функ- 2 аргументов.

Полагая $\omega_1^4 = 0$, $(\omega_1^3)_{\omega_1^4=0} = ds$, $(a_i^h)_{\omega_1^4=0} = \alpha_i^h$, получим 2 репера линей- ой поверхности, принадлежащей данной конгруенции. Деривационные мулы этих реперов будут иметь вид:

$$dA_i / ds = \alpha_i^h A_h, \tag{1}$$

$= \alpha_2^3 = 0, \quad \alpha_1^3 = \alpha_1^4 = 1, \quad (\alpha_1^1 - \alpha_2^2)^2 - (\alpha_1^2 - \alpha_2^1)^2 = c = \text{const},$

$$\alpha_1^2 - \alpha_2^1 = \varepsilon(\alpha_3^4 - \alpha_4^3), \quad \alpha_1^1 + \alpha_2^2 + \alpha_3^3 + \alpha_4^4 = 0,$$
$$(\alpha_3^3 - \alpha_4^4)^2 - (\alpha_4^3 - \alpha_3^4)^2 = cI, \tag{2}$$

I — известный инвариант конгруенции (инвариант Вэльша). Так как ер полностью фиксирован, то ds и α_i^h являются проективными инва- нтами линейчатой поверхности, принадлежащей данной конгруенции.

§ 2. Вычислительные формулы. Рассмотрим репер конгруен- i, отнесенный к торсам и преобразованиям Лапласа, введенный в ([7]), VI, § 4. Его деривационные формулы можно записать в обозначе- их §§ 185—191 ([4]) (заменяя лишь A_i и ω_i^h на B_i и v_i^h) в виде: $= v_i^h B_h$, где v_1^3 и v_2^4 — главные формы, а остальные v_i^h выражаются ез них при помощи коэффициентов Финикова α, α', β, β', γ и т. д., ичем $\beta = \beta' = \beta_2 = \beta_1' = 0$ в силу выбора вершин B_3 и B_4, а $+ v_2^2 + v_3^3 + v_4^4 = 0$ в силу нормирования $(B_1B_2B_3B_4) = 1$. Этот репер зан с нашими реперами формулами:

$$B_1 = \lambda_1(A_1 + A_2), \quad B_2 = \lambda_2(A_1 - A_2),$$
$$B_3 = \lambda_3(A_3 + A_4), \quad B_4 = \lambda_4(A_3 - A_4),$$

$\lambda_2\lambda_3\lambda_4 = 1, \quad 4\gamma\gamma'\lambda_1\lambda_2 = c\lambda_3\lambda_4, \quad \gamma'\lambda_1^3\lambda_4^2\lambda_3 - \gamma\lambda_2^3\lambda_3^2\lambda_4 + \varepsilon(\alpha\lambda_1^2\lambda_2\lambda_4^3 - \alpha'\lambda_1\lambda_2^2\lambda_3^3) = 0.$

сюда получаются следующие формулы для вычисления α_i^k:

$$c\,ds^2 = 4\gamma\gamma' v_1^3 v_2^4, \quad 4\alpha_1^1\,ds = \psi_1 + 2\Omega q, \quad 4\alpha_2^2\,ds = \psi_1 - 2\Omega q,$$
$$4\alpha_3^3 ds = -\psi_1 + 2\Omega_1 q, \quad 4\alpha_4^4\,ds = -\psi_1 - 2\Omega_1 q,$$
$$4\alpha_1^2 ds = d\ln\varphi_2 v_2^4 - d\ln\varphi_1 v_1^3 + 2(v_1^1 - v_2^2 - \varepsilon\Omega_2 q),$$
$$4\alpha_2^1 ds = d\ln\varphi_2 v_2^4 - d\ln\varphi_1 v_1^3 + 2(v_1^1 - v_2^2 + \varepsilon\Omega_2 q),$$
$$4\alpha_3^4 ds = d\ln\varphi_2 v_1^3 + 2(v_3^3 - v_4^4 - \Omega_2 q) - d\ln\varphi_1 v_2^4,$$
$$4\alpha_4^3 ds = d\ln\varphi_2 v_1^3 + 2(v_3^3 - v_4^4 + \Omega_2 q) - d\ln\varphi_1 v_2^4,$$
$$8\alpha_3^1 ds^2 = 4\psi_2 + c\psi_3 q\,ds^2, \quad 8\alpha_3^2 ds^2 = 4\psi_2^* + c\psi_3^* q\,ds^2,$$
$$8\alpha_4^1 ds^2 = 4\psi_2^* - c\psi_3^* q\,ds^2, \quad 8\alpha_4^2 ds^2 = 4\psi_2 - c\psi_3 q\,ds^2,$$

$\psi_1 = \gamma_1' v_1^3 + \gamma_2 v_2^4, \varphi_1 = \gamma(v_2^4)^2 - \varepsilon\alpha(v_1^3)^2, \quad \varphi_2 = \gamma'(v_1^3)^2 - \varepsilon\alpha'(v_2^4)^2, \quad \psi_2 = v_1^3 v_3^1 +$
$v_1^4 v_4^3, \psi_2^* = v_1^3 v_3^1 - v_2^4 v_4^3, \gamma\gamma'\psi_3 = \alpha\beta_1\gamma'(v_1^3)^3 - \varepsilon\alpha\alpha'(\beta_1 v_2^4 + \beta_2' v_1^3) v_1^3 v_2^4 + \gamma\alpha'\beta_2'(v_2^4)^3,$

$\gamma\gamma'\psi_3^* = \alpha'\beta_2'\gamma\,(v_2^4)^3 + \alpha\alpha'\,(\beta_1 v_2^4 - \beta_2' v_1^3)\,v_1^3 v_2^4 - \alpha\beta_1\gamma'\,(v_1^3)^3$, $\Omega = 2\gamma\gamma'\,(v_1^3)^2\,(v_2^4)^2 -$
$- \varepsilon\,[\alpha\gamma'\,(v_1^3)^4 + \alpha'\gamma\,(v_2^4)^4]$, $\Omega_1 + \Omega_2 = 2\alpha'\,(v_2^4)^2\,\varphi_2$, $\Omega_1 - \Omega_2 = 2\alpha'\,(v_2^4)\,\varphi_1 -$
относительно инвариантные дифференциальные формы и $q = (v_1^3 v_2^4 \varphi_1\varphi_2)^{-1}$

Эти формулы показывают, что инварианты α_1^2, α_2^1, α_3^4, α_4^3 — второго порядка, остальные α_i^k — первого порядка, а также, что в K-реперe исключаются из рассмотрения поверхности $(\varphi_1\varphi_2)_{\varepsilon=1} = 0$, вдоль которых прямая F_1G_1 (или F_2G_2) совпадает с асимптотической касательной, а в M-реперe исключаются из рассмотрения поверхности $(\varphi_1\varphi_2)_{\varepsilon=-1} = 0$ у которых одна из фокальных линий является асимптотической.

§ 3. Геометрическое значение инвариантов. Геометрическая характеристика элементов наших реперов ясна из § 1. Назовем вершины A_1 и A_2 проективными центрами луча. Рассмотрим точки X_1^i, X_2^i, X_3^i, X_4^i $(i = 1, 2)$ пересечения луча A_1A_2 с плоскостями пучка, имеющего осью A_3A_4, и проходящими, соответственно через:

1) точки, бесконечно близкие к фокусам луча на данной линейчатой поверхности S;

2) точки бесконечно близкие к центрам луча на S;

3) точки, бесконечно близкие к центрам луча на линейчатой поверхности, проходящей через луч, для которой $\alpha_1^2 = 0$ или $\alpha_2^1 = 0$ и которая имеет с S два общих близких луча;

4) касательные к линиям, описываемым вершинами A_3 и A_4 репера.

Точки пересечения прямой A_3A_4 с плоскостями пучка, имеющего осью луч A_1A_2, и проходящими через точки, бесконечно близкие к точкам $A_i\,(i = 3,4)$, обозначим Y^i. Тогда получим следующие формулы, показывающие геометрическое значение наших инвариантов:

$$c\,ds^2 = 4DV_0\,(F_1F_2X_1^1X_1^2), \quad \alpha_1^2 ds = DV_0\,(A_2A_1F_1X_2^1),$$
$$\alpha_2^1 ds = DV_0\,(A_1A_2F_1X_2^2), \quad \alpha_3^4 ds = DV_0\,(A_4A_3G_1Y^3),$$
$$\alpha_4^3 ds = DV_0\,(A_3A_4G_1Y^4), \quad \alpha_3^2 ds^2 = 2DV\,(A_2A_1F_1X_3^1),$$
$$\alpha_4^1 ds^2 = 2DV_0\,(A_1A_2F_1X_3^2), \quad \alpha_3^1 = \alpha_3^2\,DV\,(A_1A_2F_1X_4^1),$$
$$\alpha_4^2 = \alpha_4^1\,DV\,(A_2A_1F_1X_4^2),$$

где DV означает сложное отношение, а DV_0 — его главную часть.

Будем называть E-поверхностями линейчатые поверхности, принадлежащие данной конгруенции и дающие экстремум инварианту ds. Обозначим через $\bar{\alpha}_i^k$, $\overline{ds}$ инварианты E-поверхности, сопряженной с S. Тогда будем иметь

$$(\alpha_1^1 + \alpha_2^2)\,ds = \begin{cases} (\bar{\alpha}_1^2 - \bar{\alpha}_3^4)\,\overline{ds} & \text{при } \varepsilon = 1, \\ (\bar{\alpha}_1^2 - \bar{\alpha}_4^3)\,\overline{ds} & \text{при } \varepsilon = -1. \end{cases}$$

Эти формулы вместе с (2) дают возможность определить геометрическое значение инвариантов α_i^k.

§ 4. Натуральные уравнения. Полученные в §§ 1 и 3 результаты дают возможность находить натуральные уравнения проективно-инвариантных классов линейчатых поверхностей, принадлежащих данной конгруенции. Укажем некоторые из них: $\alpha_1^2 = 0$ — поверхности, на которых касательная к первой линии центров (A_1) совпадает с ребром репера A_1A_3; $\alpha_3^4 = 0$— поверхности, у которых A_1A_3 описывает торс, ребро возврата которого не совпадает с линией центров; $\alpha_3^1 = 0$—поверхности, у которых плоскость $A_2A_3A_4$ содержит касательную к линии (A_3); $\alpha_3^2 = 0$— поверхности, у которых плоскость $A_1A_3A_4$ содержит касательную к линии (A_3); $\alpha_1^2 + \alpha_3^4 = 0$ — поверхности, у которых первая линия центро-

ется асимптотической (заметим, что в случае M-репера обе линии ров становятся асимптотическими одновременно); $\alpha_1^2 = \alpha_3^4$ — поверхно- у которых A_1A_3 является асимптотической касательной (в слу- K-репера этим свойством обладают A_1A_3 и A_2A_4 одновременно); $\alpha_3^4 \pm (\alpha_2^2 + \alpha_4^4) = 0$ в K-репере — поверхности, одна из фокальных й которых является асимптотической; $\alpha_4^3 - \alpha_3^4 \pm (\alpha_4^4 + \alpha_1^1) = 0$ в епере — поверхности, у которых прямая F_1G_1 (или F_2G_2) является птотической касательной; $\alpha_1^2\alpha_4^3 - \alpha_4^2 = 0$ — поверхности, у которых $_1$ описывает торс; $\alpha_3^1\alpha_4^2 - \alpha_3^2\alpha_4^1 = 0$ — поверхности, у которых прямая $_2$ описывает торс.

Аналогично характеризуются поверхности $\alpha_2^1 = 0$, $\alpha_4^3 = 0$, $\alpha_4^2 = 0$, 0 и т. д. Дифференциальные уравнения всех этих поверхностей орсовых параметрах) легко получаются по формулам § 2.

5. Преобразования Егорова. Пусть $v = \text{const}$ — однопара- рическое семейство линейчатых поверхностей, принадлежащих дан- конгруенции и отнесенных к K- или M-реперу. Пусть $M \to P(M)$ — ективное преобразование, коэффициенты которого зависят от пара- ра v. Будем искать такие семейства линейчатых поверхностей, при- лежащих конгруенции, для которых можно найти преобразование $\to P(M)$, при котором одна из фокальных поверхностей конгруенции $_2$ превращается в фокальную поверхность конгруенции $P(A_1)P(A_2)$ кие преобразования назовем — по аналогии с (1) и (2) — проек- вными преобразованиями Егорова 1-го рода).

Натуральное уравнение искомого класса (содержащего ∞^{15} поверхно-) может быть записано в виде *

$$\det \| q_i^k \| = 0. \tag{3}$$

сь $q_1^1 = q_1^6 = 1$, $q_1^2 = q_1^5 = \pm 1$, остальные $q_1^k = 0$. Для нахождения $\ldots, q_{15}^k$ получаем рекуррентные формулы $q_{i+1}^k = \frac{d}{ds} q_i^k + q_i^\alpha \beta_\alpha^k$; β_α^k — ко- фициенты получающихся из (1) деривационных формул $dR_\alpha/ds = \beta_\alpha^k R_k$, где

$$R_1 = (P'(A_1),\ P(A_1),\ P(A_2),\ P(A_3)),\quad R_2 = (P'(A_1),\ P(A_1),\ P(A_2),\ P(A_4))$$

. д., а P' означает проективное преобразование, коэффициенты кото- о суть производные от коэффициентов преобразования P.

Аналогично находятся поверхности, при помощи которых осуществ- ются преобразования Егорова 2-го рода (сохраняющие сопряженность и линейчатых поверхностей) и 3-го рода (проективные центры остаются ками, гармонически разделяющими фокусы). В первом случае в пер- й строке уравнения (3) отличны от нуля $q_1^2 = -q_1^5 = 1$, во втором $= q_1^5 = 1$.

Бурят-Монгольский государственный
педагогический институт
им. Д. Банзарова

Поступило
13 II 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Р. Н. Щербаков, Уч. зап. Бур.-монг. пед. инст., 5, 61 (1954). [2] Р. Н. Щербаков, Матем. сборн., 37 (79), 3, 527 (1955). [3] С. П. Фиников, Метод внешних ом Картана, 1948. [4] С. П. Фиников, Теория конгруенций, 1950. [5] G. Sannia, n. di Matem. (III), 15, 143 (1908). [6] G. Bol, Math. Zs., 52, 791 (1950). [7] С. П. Фиников, Проективно-дифференциальная геометрия, 1937.

* Все индексы пробегают значения от 1 до 15.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

МЕХАНИК

В. В. ПЕТРОВ и Г. М. УЛАНОВ

ОБЩНОСТЬ СКОЛЬЗЯЩИХ, ВИБРАЦИОННЫХ И ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ КЛАССА СЕРВОМЕХАНИЗМОВ

(Представлено академиком С. Л. Соболевым 27 VII 1956)

В настоящей заметке освещается общность, присущая скользящим, ви брационным и оптимальным режимам сервомеханизмов, заключающаяся в одинаковом характере их движения при всех трех режимах. Оптимальный процесс движения является в некотором смысле предельным для существования первых двух движений сервомеханизма *.

Несмотря на то, что рассмотрением скользящих ([1–7]) и, особенно, вибрационных режимов ([12–14]) в теории непрямого регулирования занимаются сравнительно давно, изучение этих режимов производилось до настоящего времени независимо. В то же время сервомеханизм с виброконтуром может иметь движение, аналогичное скользящему, и подобное движение может быть получено от сервомеханизма и без виброконтура — посредством применения позиционных, скоростных и других обратных связей. Ниже показывается, что с помощью этих режимов в определенной мере может быть реализован оптимальный режим движения сервомеханизмов ([8–11], [16]) и др.

Отметим, что под вибрационным режимом сервомеханизма здесь подразумевается его движение при наличии виброконтура, охватывающего управляющее устройство (реле). Под оптимальным режимом подразумевается монотонный переходный процесс (или с определенными колебаниями) сервомеханизма, протекающий за наименьшее время при имеющих место в реальности условиях в виде ограничений координат сервосистемы и их производных и ограничений сил или моментов, приложенных к системе.

Анализ указанных режимов и сравнение их позволяют выявить единство динамических явлений, присущих всем трем режимам, заключающееся в движении управляющего устройства (реле), близком к периодическому, с частотой, определяемой параметрами сервомеханизма, видом связей и величиной возмущения (рассогласования). Этот особый вид движения сервомеханизма является скользящим движением и может быть определен в фазовом пространстве как движение сервомеханизма к стационарному состоянию (положение равновесия, автоколебания) после приложенного возмущения при вибрационном режиме управляющего устройства (реле). Выходная координата сервомеханизма может изменяться монотонно или с некоторыми колебаниями около мгновенного состояния, отвечающего балансу входных сигналов (от возмущения и обратных связей). Управляющее же устройство, находясь на протяжении всего участка движения в вибрационном режиме попеременно переключается в положения «включено — выключено» или «включено плюс — выключено минус».

Данное определение не ограничивает возникновения и протекания скользящего движения условием нулевых амплитуд и бесконечных частот колебаний управляющего устройства, которые могут иметь место теоретически при однозначной характеристике реле.

На рис. 1 представлены структурные схемы системы автоматического регулирования для классической задачи, а также сервомеханизма со скорост

* В настоящей работе используется доклад В. В. Петрова на конференции по автоматическому регулированию в г. Либлицы, Чехословакия в апреле 1956 г.

и жесткой обратными связями и сервомеханизма с двумя типами виб-
онтуров.

Первая схема описывается для свободных колебаний дифферен-
альными уравнениями $T_a\dot{\varphi} = -\mu$; $\delta\eta = \varphi + \frac{\varepsilon}{2}\operatorname{sgn}\dot{\eta}\,(\dot{\eta} \gtrless 0)$; $|\delta\eta - \varphi| <$
; $(\eta = 0)$ (или, в случае отсутствия сухого трения $(\varepsilon = 0)$: $\delta\eta = \varphi$);
$\eta - \gamma\mu$; $T_s\dot{\mu} = \Phi(\sigma)$, где T_a, T_s, δ, γ, ε — постоянные коэффициенты;
, σ, μ — координаты системы; Φ — релейная функция, в общем слу-
многозначная.

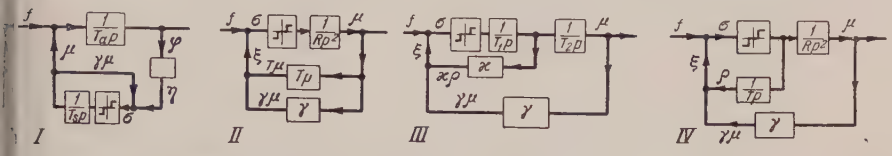


Рис. 1. Видоизменения структурных схем сервомеханизмов с одинаковыми дина-
ическими свойствами. *I* — система автоматического регулирования; *II* — серво-
еханизм с жесткой и скоростной обратными связями; *III* — сервомеханизм
с виброконтуром; *IV* — сервомеханизм с инерционным виброконтуром

Вторая схема: $R\dot{\mu} = -\Phi(\mu, \dot{\mu})$, где Φ — также релейная функция,
бще с нелинейным аргументом для реализации оптимального про-
а. В простейшем случае линейных связей: $R\dot{\mu} = -\Phi(\gamma\mu + T\dot{\mu})$; R, γ,
- постоянные коэффициенты, μ — выходная координата.

Третья схема: $\gamma\mu + \varkappa\rho = -\sigma$; $T_1\dot{\rho} = \Phi(\sigma)$; $T_2\dot{\mu} = \rho$ для первого
а виброконтура и $\gamma\mu + \varkappa\rho = -\sigma$; $T_1\dot{\rho} = \Phi(\sigma)$; $R\dot{\mu} = \Phi(\sigma)$ для второго
а виброконтура, где T_1, T_2, $\varkappa$ — постоянные коэффициенты; ρ, σ, μ —
рдинаты системы. Сравнивая уравнения движения для первых трех
м $(\varepsilon = 0)$, замечаем, что вид их полностью совпадает при написании
осительно переменных φ и μ. Для схемы с инерционным виброконту-
(рис. 1, *IV*) уравнения движения соответствуют предыдущим с точ-
тью до постоянной интегрирования $(T_1\rho = B\dot{\mu} + C)$. В случае, если
$T_1 = T_2$, постоянная интегрирования не внесет каких-либо изменений в
амику схемы *IV* по сравнению со схемой *III* (рис. 1). Этим случаем
здесь и ограничимся.

Изложенное позволяет констатировать общность динамических явле-
, протекающих в каждой из описанных систем.

Если угол наклона касательной к траектории изображающей точки,
жущейся в фазовом пространстве в момент перехода с листа на лист,
ьше или равен углу наклона касательной к траектории, проходящей
ез начало координат, то в системе возникает скользящий режим, сна-
а, возможно, с отклонением от линии (полосы) переключений, а за-
вдоль (внутри) нее (необходимое и достаточное условие возникнове-
скользящего режима). Траекторию, проходящую через начало коор-
ат, назовем предельной; она при тех или иных ограничивающих
овиях отвечает оптимальному режиму движения.

Для рассматриваемых примеров в случае идеальной релейной харак-
истики необходимыми и достаточными условиями возникновения сколь-
щего режима является: для первой схемы $|y_0| < 2\delta\gamma/T_s$; для вто-
й $|y_0| < 2T/\gamma R$; для третьей $|y_0| < 2\varkappa/\gamma T_1$ и для четвертой
$|y_0| < \varkappa/\gamma T_1 + \sqrt{\varkappa_1^2/(\gamma T_1)^2 - 2\varkappa c/\gamma R T_1}$, где y_0 — значение ординаты изобра-
ающей точки в момент перехода с листа на лист *.

* Значение C по мере приближения к началу координат уменьшается (в начале ко-
инат оно равно нулю) и условие *IV* схемы все в большей мере приближается к условиям
вых трех схем. В случае $\varepsilon \neq 0$ см. [15].

На рис. 2*А* изображена последовательность кусков траекторий, пр бегаемых изображающей точкой при ее движении в скользящем режим на фазовой плоскости. Область отклонений (по координатам x или y при которых происходит возникновение скользящего движения, вдво больше области отклонений по достаточным условиям, которая опред ляется фазовой траекторией, проходящей через точку $y^* \leqslant T/R\gamma$ (схема *II*

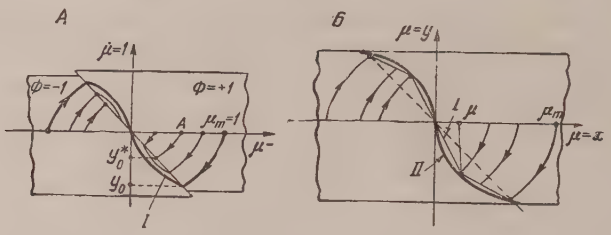


Рис. 2. *А* — двухлистная фазовая поверхность и траектории скользящего режима сервомеханизма: *I* — предельная парабола для возникновения скользящего режима. *Б* — скользящий режим, приближающийся к оптимальному процессу: *I* — траектория скользящего режима; *II* — траектория оптимального процесса

Структура многолистных фазовых поверхностей, отвечающих система $I-V$, находящимся в скользящем режиме, может быть полностью изучена на основании исследования фазовых траекторий $\Psi(y, x)$ в обла стях переключений $F = \sigma_i$, где $F(y, x)$ — аргумент релейной функции σ — координата реле.

Тогда:

1. В случае неоднозначности релейной функции Ф система после неко торого отклонения от полосы, не выходящего, однако, за предельную траек

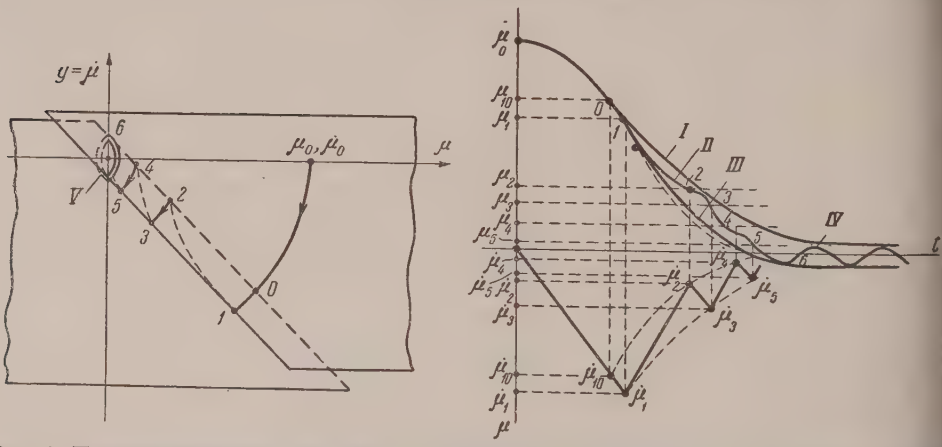


Рис. 3. Построение кривых, являющихся мажорантой и минорантой к скользящему движе нию сервомеханизма в функции времени, по заданному «фазовому портрету»: *I* — мажо ранта и *II* — миноранта—экспоненты полосы переключений; *III* — траектория скользя щего движения; *IV* — стационарный автоколебательный режим; *V* — предельный цик

торию, движется далее в полосе $F=\sigma_i$ с переменной понижающейся частото переключающего устройства (рис. 3). Стационарным состоянием системы является автоколебательный процесс с амплитудой и частотой, определен ной в ([7]).

2. В случае однозначной характеристики Ф система также после неко торого отклонения движется далее вдоль линии переключения $F = 0$ это движение при практическом расчете требует доопределения.

В случае, если Ф является функцией линейного аргумента, движение
темы на участке вдоль линии переключения «линеаризуется»; ее фазовой
ектрией является прямая, определяемая аргументом F. Порядок урав-
ий, описывающих движение системы, понижается по крайней мере на
дницу.

3. В случае нелинейного аргумента Ф, при котором $F(y, x) = \Psi_1(y, x)$, $\Psi_1(0, 0) = 0$, скользящий режим движения совпадает с оптимальным. имальный процесс поэтому может быть рассматриваем как предельный то же время частный) случай скользящего режима с частотой переклю-ий, равной нулю. Переход к оптимальному процессу от скользящего яется непрерывным с непрерывным изменением аргумента F функции пе-лючения Ф к аргументу Ψ_1, отвечающему оптимальному процессу. реход от скользящего режима к оптимальному характеризуется измене-м частоты переключений от бесконечности (для идеальной релейной актеристики) до нуля.

4. На основании изложенного реализация оптимальных процессов воз-кна с определенной степенью точности путем выбора параметров серво-анизма, определяющих расположение линии или полосы переключения азовой плоскости по необходимым и достаточным условиям существова-скользящего режима, а также путем кусочно-линейного приближения умента F функции Ф к аргументу Ψ_1. На рис. 2*Б* представлен пример очно-линейной реализации связей оптимального процесса, а на рис. 3 звертка по времени) — построение мажорант и минорант переходного цесса серовмеханизма в скользящем режиме в случае линейного аргу-нта и реальной петлевой характеристики переключающего устройства.

5. Таким образом, сервомеханизмы с обратными связями по координате производным от нее по времени и сервомеханизмы с виброконтурами поз-яют производить настройку их на скользящий режим движения, прибли-ющийся к оптимальному. Скользящий вибрационный и оптимальный ре-мы в рассмотренных системах непрямого регулирования и сервомеха-зма допускают непрерывный переход в своих режимах друг к другу и ха-ктеризуются общностью динамических явлений, обусловленных близким ериодическому движению переключающего устройства с частотой, по-жающейся по мере приближения к оптимальному процессу.

Институт автоматики и телемеханики
Академии наук СССР

Поступило
25 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Н. Н. Никольский, Тр. Центральн. лаб. проводн. связи, **1**, (1934). Г. Дудников, Автомат. и телемех., № 6 (1939). [3] А. А. Андронов, Н, Баутин, Г. С. Горелик, Автомат. и телемех., № 1 (1947). [4] Ю. Г. Корнилов, томат. и телемех., № 1 (1946); Автоматическое регулирование, 1951. [5] А. М. Попов-ий, Автомат. и телемех., № 3 (1950). [6] Ю. Г. Долголенко, Тр. Всесоюзн. фер. по автоматич. регулир., 1955. [7] В. В. Петров, Г. М. Уланов, томат. и телемех., № 5 (1950); Основы автоматического регулирования, 1954, гл. XXX. В. Петров, Диссертация, Инст. автомат и телемех. АН СССР, 1948. [9] А. Я. Лер-р, Автомат. и телемех., № 2, 4 (1956); № 6 (1954). [10] А. А. Фельдбаум, Автомат. елемех., № 4 (1949); № 6 (1953). [11] A. Hopkin, Trans. A. I. E. E., № 1 (1951). В. С. Кулебакин, Теоретическая и экспериментальная электротехника, № 4 (1932). Г. С. Поспелов, Тр. 2-й Всесоюзн. конфер. по автомат. регулиров., **2**, 1955. А. Ю. Ишлинский, Прікладна механіка, № 1 (1955). [15] В. В. Петров, М. Уланов, ДАН, **101**, № 4 (1955). [16] В. В. Петров, В. Ю. Рутковский, в. АН СССР, ОТН, № 4 (1956).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ГИДРОМЕХАНИКА

С. И. СИДОРКИНА

О НЕКОТОРЫХ ДВИЖЕНИЯХ АЭРОЗОЛЯ

(Представлено академиком Л. И. Седовым 17 X 1956)

Аэрозоль представляет собой тонкую взвесь твердых частиц или капелек жидкости в газе. Предположим, что частицы малы и легки, отсутствует их движение относительно газа и в рассматриваемом объеме плотность частиц высока, что увеличивает инерцию среды (действительно, в 1 см³ воздуха в большом промышленном городе содержится в среднем 20 000 пылинок, в 1 см³ облаков или тумана находится 100—600, а иногда и до 1400 капелек).

Плотность аэрозоля можно записать в виде

$$\rho = \rho_0 (1 + k) \quad (k > 0),$$

где ρ_0 — плотность газа, а k — постоянная.

Система динамических уравнений гидромеханики для аэрозоля имеет обычный вид. Уравнение неразрывности для газа плотностью ρ_0 умножением на постоянную величину $(1 + k)$ приводится к аналогичному виду для аэрозоля плотностью ρ. Это положение сохраняется и для вязкого газа. Уравнение адиабатичности в рассматриваемой среде дает соотношение

$$\rho_0 c_v dT + ck\rho_0 dT + \rho p d\left(\frac{1}{\rho}\right) = 0,$$

где c — теплоемкость частиц, предполагаемая постоянной, а c_p и c_v — удельные теплоемкости газа. После интеграции получаем:

$$p = A\rho^{\frac{c_p + kc}{c_v + kc}},$$

где A — постоянная, зависящая от частицы аэрозоля. Выражение $\frac{c_p + kc}{c_v + kc}$ обозначаем через γ'. Таким образом, уравнение адиабатичности имеет обычный вид. При этом $1 < \gamma' < \gamma$ и $\gamma' \to 1$ при возрастании $\frac{kc}{c_v}$, т. е. при увеличении содержания частиц и их теплоемкости. γ' представляет собой отношение удельных теплоемкостей аэрозоля:

$$\gamma' = \frac{c_p'}{c_v'}, \text{ где } c_p' = \frac{\rho_0 c_p + k\rho_0 c}{\rho_0 + k\rho_0}, \; c_v' = \frac{\rho_0 c_v + k\rho_0 c}{\rho_0 + k\rho_0}.$$

Также не меняют своего вида условия сохранения массы и количества движения при переходе через ударную волну. Третье условие — условие сохранения потока энергии через ударную волну — тоже сохраняется в самом общем виде. Это связано с тем, что в него входит плотность аэрозоля ρ и удельная внутренняя энергия, которая для аэрозоля записывается

ке, как для идеального газа с отношением теплоемкостей γ'. Действию:

$$d\varepsilon\rho_0(1+k) = c_v\rho_0 dT + ck\rho_0 dT,$$

$$\varepsilon = \frac{c_v + kc}{1+k}T = c_v'T = \frac{1}{\gamma'-1}\frac{p}{\rho}.$$

ожно сделать вывод, что во всех задачах газовой динамики среда, торой содержится большое количество частиц, ведет себя как газ ошением теплоемкостей γ' меньшим, чем для чистого газа.

ассмотрим вопрос о сильном взрыве озоле. Определим изменение интенсти взрывной волны в такой среде. ешения задачи о сильном взрыве [1] цим, что давление на ударной волне деляется формулой:

$$p_2 = \frac{8}{(\nu+2)^2(\gamma'+1)\alpha(\gamma')}\frac{E_0}{r^\nu},$$

равно 1, 2, 3, соответственно, для кого, цилиндрического и сферичеого взрывов; E_0 — энергия, выделившаяся при взрыве; $\alpha(\gamma)$ — сложная нкция, зависимость которой от γ дана ически [1].

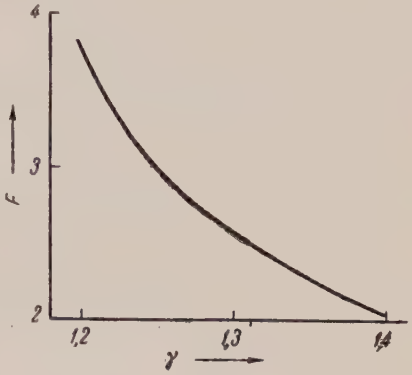


Рис. 1

ассмотрим два сферических взрыва ной и той же выделившейся энер- E_0 и оценим p_2 на одном и том же расстоянии от центра взрыва. По граку функции $F = (\gamma+1)\alpha(\gamma)$ (см. рис. 1) видим увеличение F с уменьшеием γ, т. е. падение давления на ударной волне. Это означает, что наличие ких частиц в воздухе уменьшает давление на ударной волне. Если бы γ вить до 1,2, то F увеличилась бы примерно в 2 раза, а p_2 соответственно ньшилось бы во столько же раз. Однако, для этого необходима весьма выя плотность аэрозоля (0,888 кг пыли в 1 м³ воздуха). Чтобы снизить p_2 0%, достаточно плотности пыли 0,12 кг/м³. Запыленность воздуха в мышленном городе соответствует уменьшению p_2 на 2% по сравнению авлением на ударной волне в чистом воздухе.

Таким же образом можно рассмотреть ряд других задач аэромеханики зовой динамики и оценить в них влияние запыленности. При рассмотли обтекания тел вращения можно получить, что уменьшаются интенсивть образующегося фронтального скачка и давление в передней точке з. Обтекание крыла плоско-параллельным сверхзвуковым запыленным поом ведет к уменьшению давления на контуре крыла.

Поступило
15 X 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Л. И. Седов, Методы подобия и размерности в механике, 1954.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ФИЗИКА

В. С. ГВОЗДЕВ и Л. И. РУСИНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЯДЕРНОЙ ИЗОМЕРИИ Hf^{180m}

(Представлено академиком И. В. Курчатовым 17 XI 1956)

Система уровней в Hf^{180} с энергиями возбуждения 93,3 кэв, 309,3 кэв, 7 кэв, 1085,3 кэв и со спинами 0+, 2+, 4+, 6+, 8+ (1) является ционной и соответствует развитым в последнее время представлениям оллективном движении нуклонов в ядрах (2).

Выше энергетического уровня со спином 8+ находится метастабильный вень с общей энергией возбуждения 1142,9 кэв и периодом полураспада час. Переход с этого уровня уровень 8+ ($E_\gamma = 57{,}6$ кэв) данным о времени жизни оэффициентах внутренней тронной конверсии был тифицирован как переход МЗ (1). Однако имеются вания, что такая идентифия не является правиль- (3).

В настоящей работе с целью новления мультипольности учения были проведены из- ения коэффициента внутрен- конверсии на L-оболочке ов для изомерного перехода ергией 57,6 кэв в Hf^{180m}.

Измерения спектров элект- ов производились на β-спек- метре с фокусировкой элект- ов на угол $\pi\sqrt{2}$.

Для получения радиоактив- источников слой окиси гаф- толщиной 0,22 мг/см² наносился путем испарения в вакууме на алю- иевую фольгу толщиной 4 μ и затем нанесенная окись облучалась тронами в реакторе в течение 18 час. Размер источников был 17 × 1 мм². На рис. 1 представлен спектр электронов в интервале энергий от 20 70 кэв. Так как распад Hf^{180m} происходит по каскадной схеме, то ультаты измерений электронного спектра, приведенного на рис. 1, т возможность определить α_L для перехода с энергией 57,6 кэв. соотношения площадей конверсионных линий, соответствующих пере- ам 57,6 кэв и 93,3 кэв (с учетом поправок на радиоактивный распад, интервал энергии, на самопоглощение электронов в источнике и на лощение в пленке счетчика) и расчетных данных для коэффициентов версии на K- и L-оболочках (3, 4) для перехода с энергией 93,3 кэв

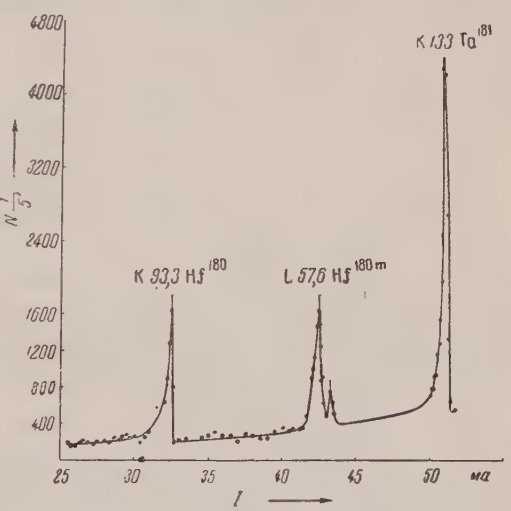


Рис. 1. Спектр электронов Hf^{180m}, Hf^{181} и Ta^{181} в интервале энергий от 20 кэв до 70 кэв. По оси абсцисс нанесен ток в обмотке электромагнита

($\alpha_K = 1{,}1$ и $\alpha_L = 1{,}7$) может быть определен коэффициент внутрен конверсии на L-оболочке для перехода с энергией 57,6 кэв. Для было получено значение $0{,}19 \pm 0{,}10$.

Этот же коэффициент α_L был определен также методом сравнен чисел L-электронов внутренней конверсии и γ-квантов, связанных с пе ходом с энергией 57,6 кэв в Hf^{180m}. В связи с тем, что в этих опы применялись разные образцы для мерений на β- и γ-спектрометр определение коэффициента конвер производилось путем использова излучения Ta^{181}. Сравнивались чи L-электронов внутренней конвер перехода с энергией 57,6 в Hf^{180m}с числом K-электронов в тренней конверсии перехода с эн гией 133 кэв в Ta^{181} в одном обра ($0{,}22$мг/см^2)и числом γ-квантов 57,6 с числом γ-квантов 133 кэв в дру (~ 2мг / см^2). При этом было испо зовано значение α_K, уже измерен для перехода с энергией 133 кэ Ta^{181}, равное $0{,}48 \pm 0{,}02$ ([5]).

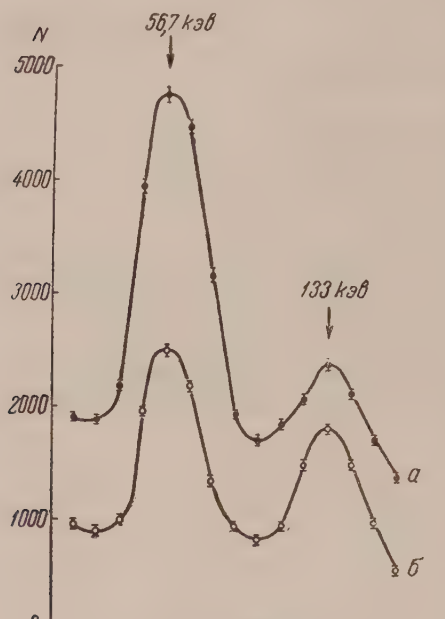


Рис. 2. Спектр γ-лучей Hf^{180m} и Ta^{181} в интервале энергий от 30 кэв до 160 кэв

Ta^{181} образуется в результ β-распада Hf^{181} ($T_{1/2} = 46$ дней); H получается вместе с Hf^{180m} в обр цах с природным изотопным состав путем (n, γ)-реакции. По нашим из рениям сечение образования Hf равно $\sim 0{,}6$ барна. Коэффици внутренней конверсии для этого пе хода ($E_\gamma = 133$ кэв) был измер нами путем сравнения числа элект нов конверсии на K-оболочке с числ электронов β-спектра. Проведенные измерения для α_K дали совпадающ с работой ([5]) значение 0,5.

Из спектра электронов внутренней конверсии, приведенного на рис. было определено отношение числа электронов конверсии с L-оболоч Hf для перехода с энергией 57,6 кэв к числу электронов конвер с K-оболочки Ta для перехода с энергией 133 кэв для нескольк значений времени.

При помощи сцинтилляционного спектрометра был измерен спек γ-лучей Hf^{180m} и Ta^{181} в интервале энергий от 30 кэв до 160 кэв (рис. Вследствие недостаточной разрешающей способности γ-спектромет происходит наложение характеристического рентгеновского излучени связанного со всеми переходами в Hf^{180} и Ta^{181}, на исследуемое γ-излу ние с энергией 57,6 кэв Hf^{180m}. γ-линия с энергией 136 кэв Ta^{181} нак дывается на γ-линию с энергией 133 кэв. Кроме того, в спектре γ-лу присутствуют и γ-лучи с энергией 93,3 кэв Hf^{180}. Число γ-квантов максимуме 57,6 кэв, связанных с распадом Hf^{180m} определялось пут вычитания спектра γ-лучей Ta^{181} (рис. 2 кривая *б*), измеренного по распада Hf^{180m}, из суммарного γ-спектра Hf^{180m} и Ta^{181} (рис. 2 кривая

Из спектра γ-лучей приведенного на рис. 2, было определено отно ние числа γ-квантов с энергией 57,6 кэв Hf^{180m} к числу γ-квантов энергией 133 кэв Ta^{181}. При этом были использованы вычисленные зн чения коэффициентов внутренней конверсии ([4]) для E2-переходов

$^{0} - \alpha_K$ (93,3 кэв) $= 1{,}1\,\alpha_K$ (216 кэв) $= 0{,}14$, α_K (332,4 кэв) $= 0{,}04$, 43,6 кэв) $= 0{,}02$, выход флуоресценции для K-оболочки гафния $= 0{,}94$) ([3]), а также учтена доля γ-квантов с энергией 136 кэв, при-твующих в γ-линии 133 кэв ([5]). Это определение было сделано тех же значений времени, что и отношение чисел электронов конвер- для этих переходов.

3 результате проведенных измерений и вычислений для коэффициента ренней конверсии на L-оболочке для перехода с энергией 57,6 кэв ^{180m} было получено значение $0{,}23 \pm 0{,}15$. Эта величина находится гласии, в пределах ошибок измерений, с величиной α_L, полученной ым способом.

Для более детального исследования схемы распада Hf^{180m} были про-ны опыты по поискам перехода с уровня с энергией возбуждения ,9 кэв на уровень с энер- возбуждения 641,7 кэв н 6+). Энергия этого пере- должна быть равна 2 кэв. Поиски этого пере- производились при помощи тилляционного γ-спектро-а с 20-канальным амплитуд- анализатором. Спектр чей, полученный в резуль- измерений, приведен на 3. Согласно рис. 4 число ходов с энергией 443,6 кэв но числу переходов с энер- 57,6 кэв. Следовательно, ношение чисел γ-квантов нергией 443,6 и 501,2 кэв, тывая малые коэффициенты тренней конверсии для этих еходов, дает соотношение ятностей переходов с энер- 501,2 и 57,6 кэв. Из срав-ия площадей линий γ-спект- приведенного на рис. 3, ношение вероятностей этих двух переходов получается равным $5 \pm 0{,}05$.

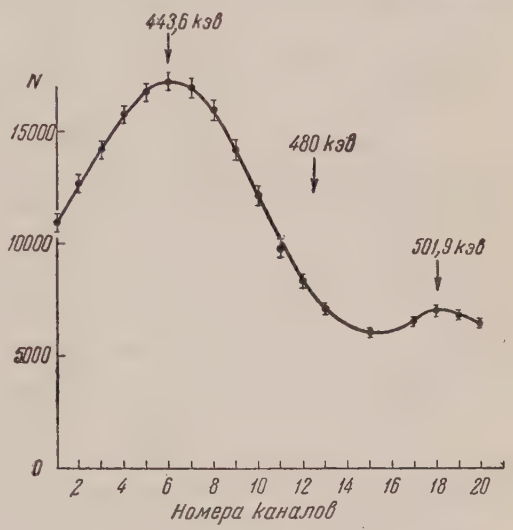


Рис. 3. Спектр γ-лучей Hf^{180m} в интервале энергий от 400 кэв до 550 кэв, полученный путем вычитания спектра γ-лучей Ta^{181} из суммарного спектра Ta^{181} и Hf^{180m}

В вычисления коэффициента внутренней конверсии α_L для перехода нергией 57,6 кэв необходимо, в связи с вышеприведенными данными, сти поправку на наличие параллельного перехода с энергией 501,2 кэв. ичина коэффициента внутренней конверсии получается равной $2 \pm 0{,}10$.

Сопоставление полученного значения коэффициента внутренней кон-сии с вычисленными из таблиц ([3]) путем далекой экстраполяции для ргии 57,6 кэв и $Z = 72$ ($\alpha_{1L} = 0{,}23$, $\alpha_{2L} = 10$, $\alpha_{3L} = 500$; $\beta_{1L} = 3{,}3$; $= 90$, $\beta_{3L} = 1600$) приводит к заключению, что переход с энергией 6 кэв типа E1, а уровень с общей энергией возбуждения 1142,9 кэв ет спин 9—. Сравнение предварительного экспериментального значения осительных коэффициентов конверсии на L-подоболочках (см. рис. 1) ычисленными по таблицам ([3]) также указывает переход E1.

Время жизни, вычисленное по формулам для одночастичных перехо- ([6]), для дипольного электрического излучения с энергией 57,6 кэв жно быть порядка 10^{-12} сек. Следует отметить, что эта величина ичается в $\sim 10^{16}$ раз от наблюдаемого на опыте времени жизни Hf^{180m}. Для октупольного электрического перехода с энергией

501,2 кэв вычисленное время жизни порядка 10^{-4} сек.; отличие от экспе
риментального значения в $\sim 10^9$ раз.

Можно было бы предположить, что такое большое расхождени
экспериментальных значений времени жизни обусловлено недостаточны
исследованием схемы распада Hf^{180m}. Например, над уровнем с энергие
возбуждения 1142,9 кэв может находиться мало
возбужденный уровень, который имеет перио
полураспада 5,5 часа, и переход типа E1 с энер
гией 57,6 кэв находится с ним в каскаде.

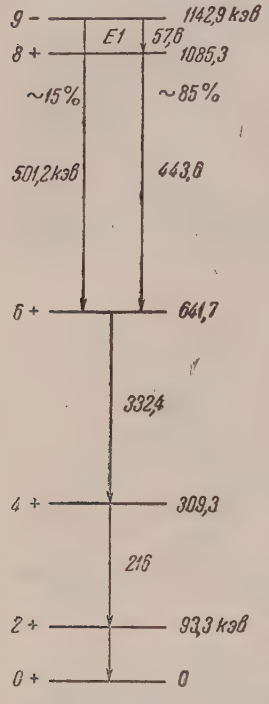


Рис. 4. Схема распада Hf^{180m}

Переход с маловозбужденного уровня должен
быть сильно конвертирован. Нами были проведены
предварительные опыты по поискам этого уровня
в интервале энергией электронов от 5 кэв до
50 кэв и соответствующих конверсионных линий
обнаружить не удалось.

Сопоставление $\tau_{\gamma эксп.}$ и $\tau_{\gamma теор.}$ для большого
числа изомерных ядер дает для отношения
$\tau_{\gamma эксп.}/\tau_{\gamma теор.}$ величину не более 10^3 ([7]). В случае
Hf^{180m} имеет место аномально большое значение
величины отношения $\tau_{\gamma эксп.}$ к $\tau_{\gamma теор.}$, что указывает
на дополнительный запрет для вероятности изомер
ных переходов с энергией 57,6 и 501,2 кэв. На
существование такого дополнительного запрета
(K-запрет) указано в работе ([3]). Этот дополни
тельный запрет, связан с тем, что уровень 9−
энергией возбуждения 1142,9 кэв является, по
видимому, первым уровнем новой системы рота
ционных уровней.

Переход с этого уровня (K = 9) на уровни с
спинами 8+ и 6 + (K = 0) связан с большим из
менением квантового числа K, что приводит к боль
шому времени жизни для переходов E1
E3 в Hf^{180m}.

Выражаем благодарность Л. А. Сливу за обсуждение результатов
работы, И. А. Кондурову, Е. П. Мазецу, Ю. И. Филимонову и Ю. Л. Хазов
за помощь в работе.

Физико-технический институт
Академии наук СССР

Поступило
15 XI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] I. W. Mihelich, G. Scharf-Goldber, M. McKeown, Phys. Rev., 9
794 (1954). [2] A. Bohr, B. Mottleson, Kong. Danske Vidensk. Selsk., Mat.-fys. Medd
27, № 16 (1953). [3] K. Siegbahn, Beta- and Gamma-Ray Spectroscopy, Amsterdam
1955. [4] Л. А. Слив, И. М. Банд, Таблицы коэффициентов внутренней конверси
гамма-излучения, ч. I, K-оболочка, М.— Л., 1956. [5] F. K. McGowan, Phys. Rev
93, 163 (1954). [6] S. A. Moszkowsky, Phys. Rev., 89, 474 (1953). [7] Е. П. М
зец, Л. И. Русинов, ДАН, 101, 253 (1955).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ФИЗИКА

Г. М. ГОРОДИНСКИЙ, А. Н. МУРИН, В. Н. ПОКРОВСКИЙ,
Б. К. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ и Н. Е. ТИТОВ

РАДИОАКТИВНЫЕ ИЗОТОПЫ РЕДКИХ ЗЕМЕЛЬ, ОБРАЗУЕМЫЕ В РЕАКЦИИ ГЛУБОКОГО ОТЩЕПЛЕНИЯ

(Представлено академиком Л. А. Арцимовичем 27 X 1956)

Радиоактивные изотопы редких земель, полученные при облучении тантала протонами энергии 340 Мэв, были изучены Нервиком и Сиборгом (1). При этом были выделены изотопы эрбия, тулия, иттербия и лютеция — более легкие фракции, за исключением церия, не были подвергнуты исследованию.

Нами были выделены и хроматографически разделены (2) долгоживущие радиоизотопы редких земель, полученные при облучении тантала протонами энергии 680 Мэв на синхроциклотроне Объединенного института ядерных исследований.

Определение периодов полураспада, типа и энергии излучения, а также многократное снятие γ-спектров на сцинтилляционном спектрометре (кристаллы NaJ(Tl) и CsJ(Tl)) позволили идентифицировать ряд известных ранее радиоизотопов, уточнить некоторые генетические связи, обнаружить новые изотопы гадолиния и указать ряд новых линий в γ-спектрах изученных ими нуклидов. Ниже дан краткий перечень полученных результатов по отдельным фракциям.

1. Церий. Обнаружены изотопы Ce^{134} и Ce^{139}, радиоактивные характеристики которых полностью совпадают с приведенными в литературе (3).

2. Неодим. В этой фракции обнаружен единственный радиоизотоп Nd^{140} (T = 3,3 дня), γ-спектр которого ранее не изучался. По нашим данным, кроме интенсивной аннигиляционной гамма-линии с энергией 0,51 Мэв

$$Nd^{140} \xrightarrow[3{,}3\ \text{дня}]{k} Pr^{140} \xrightarrow[3{,}5\ \text{мин.}]{k,\ \beta^+} Ce^{140};$$

соответствующие позитроны энергии $\simeq$2,3 Мэв (наблюдены с помощью магнитного β-спектрометра) существует близкая линия энергии 0,5 Мэв, обнаруживаемая по форме аннигиляционной линии. В области энергий 0,26 ÷ 0,32 Мэв находится группа слабых линий, имеется линия 0,19 Мэв (очевидно, двойная) и, наконец, слабая линия 0,11 Мэв.

3. Европий. Обнаружены изотопы Eu^{145} (T = 5 дней) и Eu^{147} (T = 24 дня), спектры которых не описаны в литературе. γ-спектр Eu^{145} состоит из четырех слабых линий 0,630, 0,660, 0,730 и 0,890 Мэв. Изучение спектра в области 0,080 ÷ 0,300 Мэв затруднено присутствием интенсивного γ-спектра Eu^{147}; в области 0,30 ÷ 0,45 Мэв имеется ряд весьма слабых линий, плохо разрешенных спектрометром. Спектр Eu^{147} состоит из слабой, видимо сильно конвертированной линии 0,080 Мэв и двух интенсивных линий 0,124 и 0,200 Мэв.

4. Гадолиний. Обнаружены активности с периодами полураспада 5 дня, 9 дней (Gd^{149}) и 70 ± 5 дней. В выделенных дочерних веществах, накапливающихся во фракции гадолиния, обнаружен Eu^{147} с характерным для него γ-спектром. Повторное выделение Eu заставляет полагать, что материнским веществом Eu^{147} является изотоп Gd с периодом полураспада 1,5 дня, которому надлежит, следовательно, приписать массовое число 147. Массовое число другого радиоизотопа (T = 70 дней) окончательно не установлено, но предположено равным 145 по наблюдавшимся

в дочерней фракции следам Eu^{145}. В спектре Gd^{147} обнаружены три γ-лини 0,232, 0,373 и 0,385 Мэв с последовательно убывающей интенсивностью в неизвестном ранее спектре Gd^{149} — четыре линии (указанные в порядк уменьшения интенсивности): 0,154, 0,292, 0,350 и 0,505 Мэв. Спект $Gd^{145(?)}$ состоит из трех линий: 0,115 (слабая), 0,638 и 0,750 Мэв.

5. Тербий. Наблюдены активности с периодом полураспада 20 ча (Tb[151] или Tb[154]), 4,5 дня (Tb[153] или Tb[156]; Tb[157], согласно работе (имеет период полураспада, меньший 10 мин. или больший 25 лет γ-спектр фракции Tb весьма сложен и плохо разрешается. Линии энергиями 0,345 и 0,465 Мэв принадлежат изотопу Tb с периодом полу распада $\simeq$ 20 час. В дочерней фракции обнаружен Gd с периодом полу распада $\simeq$ 70 дней и с энергиями γ-линий 0,100 и 0,150 Мэв. Дальне шее изучение фракции Tb является совершенно необходимым.

6. Диспрозий. Во фракции Dy (отделенного от Y) обнаружен активность с периодом полураспада $\simeq$ 8 час., приписываемая нами Dy^{15} В γ-спектре этого изотопа наблюдены γ-линии 0,233 и 0,325 Мэв, к которых последняя соответствует литературным данным ([5]).

7. Фракции гольмия, эрбия и тулия. Основные данные удовл творительно согласуются с результатами Нервика и Сиборга и други авторов ([1,3,6,7]).

Радиоизотоп Ho^{160} ($T = 5$ час.) помимо γ-линий, указанных в ([имеет две слабые линии энергии 0,29 и 0,51 Мэв. Структура спектр Tu^{166} указана ниже.

8. Иттербий. Обнаружена активность с периодами полураспада 60 ча (Yb^{166}) и 31 день (Yb^{169}). В ([1]) указан γ-спектр равновесной смес $Yb^{166} \xrightarrow[60\ \text{час.}]{k} Tu^{166} \xrightarrow[7{,}7\ \text{час.}]{k,+\beta} Eu^{166}$. Выделение дочерней фракции (Tu^{166}) по волило разделить γ-спектры Yb^{166} и Tu^{136}. Спектр Tu^{166} состоит линий 0,080, 0,180, 0,690 и 0,780 Мэв. Линии с энергией 0,112 и 0,140 М следует приписать изотопу Yb^{166}. Подтверждается присутствие γ-лин с энергией 0,260 Мэв в спектре Yb^{169}, указанной в ([8]).

9. Лютеций. Обнаружены активности с периодами $\simeq$ 2 дня, 7—8 дне около 35 дней и с большим периодом. Предположение Нервика и Сиборг что радиоизотоп Lu с периодом 1,7 дня (2 дня по нашим измерениям является материнским веществом Yb^{169} с периодом полураспада 32 дн подтверждается, так как спектр Yb, выделенного из фракции L полностью совпадает с хорошо изученным спектром Yb^{169}. Наблюда шаяся во фракции Lu активность с периодом в 32 дня принадлежи именно этому дочернему изотопу. Таким образом, период в 1,7 дня соо ветствует Lu^{169}, что не исключает возможности образования Lu с близким к указанному периодом полураспада ($\simeq$ 2 дня). Спек долгоживущего Lu (по-видимому, Lu^{174}) состоит из γ-лин энергии 0,265 Мэв. Заметим, что нами наблюдены электроны с энерги 0,6 Мэв, появляющиеся при превращении $Lu^{174} \xrightarrow{\beta^-} Hf^{174}$.

Подробное описание методики и обсуждение результатов будет опубл кован.

Авторы выражают глубокую благодарность эксплуатационному пе соналу синхроциклотрона и особенно В. П. Джелепову за содейств работе.

Радиевый институт им. В. Г. Хлопина
Академии наук СССР

Поступило
17 X 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] W. E. Nervik, G. T. Seaborg, Phys. Rev., **97**, 1092 (1955). [2] Б. К. Пр браженский, О. Лилова и др. Журн. неорг. хим., № 9 (1956). [3] I. M. M lander, I. Perlman, G. T. Seaborg, Rev. Mod. Phys., **25**, 469 (19 [4] T. H. Handley, W. E. Lyon, Phys. Rev., **99**, 1415 (1955). [5] T. H. Handl E. L. Olson, Phys. Rev., **90**, 500 (1953). [6] T. H. Handley, E. L. Olso Phys. Rev., **92**, 1260 (1953). [7] T. H. Handley, Phys. Rev., **94**, 945 (19 [8] S. A. E. Johansson, Phys. Rev., **100**, 835 (1955).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ФИЗИКА

С. С. ДУХИН и член-корреспондент АН СССР Б. В. ДЕРЯГИН

ЕОРИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИСПАРЯЮЩИХСЯ ИЛИ РАСТУЩИХ КАПЕЛЬ НА БОЛЬШИХ РАССТОЯНИЯХ

Изотермическое рассмотрение задачи о движении капли в поле диф-зии ([1]) позволило установить силы притяжения или отталкивания, йствующие между каплями тумана или между каплей и протяженной ажной поверхностью и оказывающие значительное влияние на их движение носительно среды. Однако при этом рассмотрении диффузионные силы первом приближении оказались компенсированными влиянием стефа-вского потока, так что скорость движения капли относительно поверх-сти фазового перехода получилась равной нулю. В настоящей работе дет, однако, показано, что при учете протекающего параллельно с ффузией процесса теплопередачи такая компенсация в первом при-ижении оказывается в общем случае нарушенной, в связи с чем возмож-существенное влияние диффузионных сил на осаждение и коагуляцию розоля.

1. Для решения поставленной задачи используем упрощения, обсуж-нные в ([1]). Ограничимся наиболее важным случаем малой парциальной ютности пара, что позволяет использовать линеаризованную систему равнений гидродинамики смеси. Взаимодействие капель рассчитаем на сстоянии столь большом, что каждую из них можно рассматривать как ходящуюся в заданных однородных полях диффузии и температуры, словленных фазовым переходом на поверхности другой капли. Все роцессы будем рассматривать как квазистационарные, так как время пловой и диффузионной релаксации капель размером в несколько микрон, я которых влияние рассматриваемых сил наиболее заметно, совершенно ичтожно. Чтобы получить граничные условия на поверхности капли учетом выделяющейся теплоты конденсации, надо рассматривать поля мпературы вне капли $T_1(r_2, \theta_2)$ и внутри нее $T_2(r_2, \theta_2)$, удовлетворяющие ри принятых упрощениях уравнению Лапласа. Учитывая изложенное ыше, используя граничные условия для поля скоростей, обсужденные ([1]), и вводя сферическую систему координат, начало которой совмещено центром капли 2 радиуса R_2, а ось ($\theta_2 = 0$) направлена в сторону зрастания концентрации пара, получим следующую систему уравнений граничных условий:

$$\operatorname{grad} p = \eta \Delta \mathbf{v}, \quad \operatorname{div} \mathbf{v} = 0; \tag{1}$$

$$\Delta \rho' = 0, \quad \Delta T_1 = 0, \quad \Delta T_2 = 0; \tag{2}$$

$$v_\theta(R_2, \theta_2) = 0, \quad \rho'' v_r(R_2, \theta_2) + D \frac{\partial \rho'}{\partial r_2}(R_2, \theta_2) = 0; \tag{3}$$

$$v|_{r\to\infty} = -D \frac{\nabla \rho'_{\text{вн}}}{\rho''}; \tag{4}$$

$$\left.\begin{aligned} &\rho'\Big|_{r\to\infty} = \rho'_\infty + A r_2 \cos\theta_2 \quad \left(A = \frac{\partial \rho'}{\partial (r_2 \cos\theta_2)}\Big|_{\substack{\theta_2 = \pm 90^\circ \\ r_2 \to \infty}}\right), \\ &T_1\Big|_{r\to\infty} = T_\infty + B r_2 \cos\theta_2 \quad \left(B = \frac{\partial T}{\partial (r_2 \cos\theta_2)}\Big|_{\substack{\theta_2 = \pm 90^\circ \\ r_2 \to \infty}}\right); \end{aligned}\right\} \tag{5}$$

$$T_1(R_2, \theta_2) = T_2(R_2, \theta_2);$$

$$\rho'(R_2, \theta_2) = \rho'_s[T_1(R_2, \theta_2)] \simeq \rho'_s(T^*)[1 + (T_1(R_2, \theta_2) - T^*)/\Omega];$$

$$LD\frac{\partial \rho'}{\partial r_2}(R_2, \theta_2) = -k_1\frac{\partial T_1}{\partial r_2}(R_2, \theta_2) + k_2\frac{\partial T_2}{\partial r_2}(R_2, \theta_2),$$

где p — давление; $\mathbf{v}$ — скорость частиц смеси; ρ' — парциальная плотнос пара; ρ'' — парциальная плотность воздуха; η — коэффициент вязкос воздуха; D — коэффициент диффузии пара в воздухе; L — удельная тепло парообразования; k_1 и k_2 — теплопроводности воздуха и воды; $\rho'_s(T)$ — пло ность насыщенных паров при температуре T. Граничное условие (учитывает, что количество тепла q, выделяющееся на поверхности капл частично отводится наружу (q_1), частично во внутрь капли (q_2), приче естественно, $q = q_1 + q_2$. Выражая зависимость плотности насыщенны водяных паров от температуры эмпирической формулой Магну $\rho'_s(T) = C\exp\left(\frac{aT}{b+T}\right)$, где $a = 17{,}2$, $b = 235$, и учитывая, что в тумана отклонение температуры капли от психрометрической T^* невелико и обыч удовлетворяет условию $T - T^* \ll \Omega = (b + T^*)/a$, мы упростили (7) п средством разложения $\rho'_s(T)$ в ряд относительно $T = T^*$, сохраняя пр этом только первые два члена *.

2. Решая систему уравнений (2) совместно с граничными условиям (5) — (8), получим

$$\rho'(r_2, \theta_2) = \rho'_\infty + (\rho'_s(T^*) - \rho'_\infty)\frac{R_2}{r_2} + Ar_2\cos\theta_2 -$$

$$-\left(A - 3\frac{LDA + k_1B}{k_2 + 2k_1 + 2LD\rho'_s(T^*)/\Omega}\frac{\rho'_s(T^*)}{\Omega}\right)\frac{R_2^3}{r_2^2}\cos\theta_2; \quad (1$$

$$T_1(r_2, \theta_2) = T_\infty + (T^* - T_\infty)\frac{R_2}{r_2} + Br_2\cos\theta_2 -$$

$$-\left(B - 3\frac{LDB + k_1B}{k_2 + 2k_1 + 2LD\rho'_s(T^*)/\Omega}\right)\frac{R_2^3}{r_2^2}\cos\theta_2; \quad (1$$

$$T_2(r_2, \theta_2) = T^* + 3\frac{LDA + k_1B}{k_2 + 2k_1 + 2LD\rho'_s(T^*)/\Omega}r_2\cos\theta_2. \quad (1$$

Как видно из (11), на среднюю температуру капли, совпадающу с психрометрической, накладывается добавочная поляризационная темп ратура. В однородном внешнем поле температуры и диффузии капл подвергается диффузионно-тепловой поляризации.

3. Используя (9) и (3), находим

$$v_r(R_2, \theta_2) = u\cos\theta_2 + V, \quad (1$$

где

$$u = \frac{3D}{\rho''}\left(A - 2\frac{LDA + k_1B}{k_2 + 2k_1 + 2LD\rho'_s(T^*)/\Omega}\frac{\rho'_s(T^*)}{\Omega}\right), \quad (1$$

$$V = D[\rho'_s(T^*) - \rho'_\infty]/R\rho''.$$

Полученное граничное условие (12), учитывающее диффузионно-тепл вую поляризацию, отличается от соответствующего граничного услови

* Как известно, психрометрическая температура для случаев испарения определяет из условия полной компенсации поглощенного при испарении тепла $LD(\rho'_s(T^*) - \rho'_\infty) = k(T_\infty - T^*)$. Этот термин удобно применить к температуре, определяемой из это условия и при конденсации.

чисто диффузионной поляризации ([1]) величиной коэффициента u, орый для частного случая диффузионной поляризации можно получить (13), приравнивая в нем второе слагаемое нулю. Поэтому поле скоростей, словленное диффузионно-тепловой поляризацией $v_1(r_2, \theta_2)$, удовлетво-ощее (3) и нулевому граничному условию на бесконечности, можно учить подстановкой (13) в формулы, полученные для случая диффузион-поляризации, а соответствующую $v_1(r_2, \theta_2)$ силу диффузионно-тепловой ляризации F_1 — через рассчитанную в (1) силу диффузионной поляризации становкой (13) в виде

$$F_1 = \frac{6\pi\eta D R_2}{\rho''}\left(A - 2\frac{LDA + k_1 B}{k_2 + 2k_1 + 2LD\rho_s'(T^*)/\Omega}\frac{\rho_s'(T^*)}{\Omega}\right). \qquad (14)$$

Суммарное поле скоростей, удовлетворяющее системе уравнений (1) граничным условиям (3), (4), выражается суперпозицией $v_1(r_2, \theta_2)$ стоксовского поля скоростей $v_2(r_2, \theta_2)$, обусловленного внешним стефа-ским течением, удовлетворяющего (4) и нулевым граничным условиям поверхности капли. Соответственно суммарная диффузионная сила ражается суммой (14) и обусловленной внешним стефановским потоком ой, вычисляемой по формуле Стокса $F_2 = -6\pi\eta R_2 DA/\rho''$.

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 = -2\frac{12\pi\eta D R_2 \rho_s'(T^*)(LD\nabla\rho_{\text{вн}}' + k_1\nabla T_{\text{вн}})}{(k_2 + 2k_1 + 2LD\rho_s'(T^*)/\Omega)\,\Omega\rho''}, \qquad (15)$$

, учитывая (5), мы перешли к векторной форме.

Знак диффузионной силы определяется выражением в скобках, пред-вляющим результирующий перенос тепла к поверхности посредством лекулярной теплопроводности и диффузии пара. При выделении тепла верхность отталкивает капли, а при поглощении притягивает их.

4. При обтекании поверхности турбулентным потоком диффузионная ла локализована в тонком граничном слое толщиной δ и, согласно (15), ражается следующим образом:

$$= \frac{12\pi\eta D R_2 \rho_s'(T_*^*)}{\Omega\rho''\delta(k_2 + 2k_1 + 2LD\rho_s'(T^*)/\Omega)}[LD(\rho_\infty' - \rho_s'(T_\text{п}) + k_1(T_\infty - T_\text{п})], \qquad (16)$$

е $T_\text{п}$ — температура поверхности. Поверхность, находящаяся при темпе-туре ниже психрометрической, притягивает капли, а при температуре ше психрометрической — отталкивает их. Например, при движении тумана охлаждаемому змеевику диффузионные силы способствуют осаждению пель. Диффузионные силы должны затруднять обледенение поверхностей переохлажденных облаках, так как замерзание на них капель сопро-ждается выделением тепла. Так как при этом обычно имеет место рбулентный режим обтекания, например при обледенении самолета или оводов на сильном ветру, вклад диффузионных сил в этот важный фект может быть оценен с помощью (16), причем рассчитанная таким разом сила для капель микронного размера при перепаде температуры в сколько градусов в сотни раз превосходит силу тяжести при $\delta \sim 100\ \mu$.

5. Со стороны капли 1 радиуса R_1 на каплю 2 радиуса R_2, находя-ются на расстоянии $r_{12} \gg R_1, R_2$, действует, согласно (15), диффузионная ла

$$_2 = \frac{12\pi\eta D R_1 R_2 \rho_s'(T^*)}{\Omega\rho''(k_2 + 2k_1 + 2LD\rho_s'(T^*)/\Omega)}[LD(\rho_s'[T_1(R_1)] - \rho_\infty') + k_1(T_1(R_1) - T_\infty)]\frac{\mathbf{r}_{12}}{r_{12}^3}. \qquad (17)$$

Сила, действующая со стороны капли 2 на каплю 1, получается из (1) перестановкой индексов.

Специальное рассмотрение показывает, что температура капель п любом расстоянии между ними совпадает с психрометрической, если в капл не поглощается и не выделяется тепла, так что сила диффузионно взаимодействия в этом важном случае равна нулю.

Солнечная радиация затрудняет коагуляционные процессы в облак и туманах, так как температура капель при поглощении лучистой энерги устанавливается на уровне выше психрометрической. Температура ради активных капель выше психрометрической вследствие выделяющейся п радиоактивном распаде теплоты, так что радиоактивные туманы должн обладать повышенной устойчивостью.

Замерзающая капля, выделяющая тепло, должна быть центр отталкивания для прочих капель, а тающая градина, поглощающа тепло,— центром притяжения.

Учитывая одинаковый характер зависимости диффузионных и электр ческих сил от расстояния, нетрудно, подставляя в полученную Л. М. Лев ным ([2]) формулу для эффективности захвата падающей каплей бол мелких капель тумана (за счет электрических сил) величину, соотве ствующую при диффузионном взаимодействии произведению электрическ зарядов, получить выражения для эффективности захвата капель падающ тающей градиной:

$$E = \frac{36\pi\eta D\rho_s'(T^*)\,[LD\,(\rho_\infty' - \rho_s'[T_1(R_1)] + k_1(T_\infty - T_1(R_1))]}{\Omega\rho'\rho_в g\,(k_2 + 2k_1 + 2\,LD\rho_s'(T^*)/\Omega)\,R_1^3\,(1 - R_2^2/R_1^2)}, \qquad (1$$

где $\rho_в$ — плотность воды, g — ускорение силы тяжести.

Расчет, произведенный по этой формуле, показывает, что рост облачн элементов путем слияния в диапазоне $2 \div 15\,\mu$ может происходить только за счет электрических ([2]), но также за счет диффузионных сил

При барботаже эффективность поглощения аэрозоля падает по ме повышения температуры и при температуре кипения делается равн нулю ([3]), что, по-видимому, объясняется диффузионным отталкивани частиц от поверхности пузырька, имеющей более высокую температур чем воздух.

Заслуживает внимания влияние диффузионных сил на осажден пыли в дыхательных путях, так как при малом диаметре нижних дых тельных путей диффузионные силы здесь должны быть весьма велик Температура стенок дыхательных путей, по-видимому, выше психрометр ческой, так что рассматриваемые силы должны способствовать предохр нению легких от пыли.

Можно, таким образом, констатировать, что впервые рассмотрен силы дальнодействия между аэрозольными частицами при их испарен или конденсации, важность учета которых в механике аэрозолей очевид представляют значительный прикладной интерес для изучения и решен ряда вопросов по аэрозолям, относящихся к различным отраслям нау и техники.

Институт физической химии
Академии наук СССР

Поступило
3 I 1957

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Б. В. Дерягин, С. С. Духин, ДАН, **106**, 851 (1956). [2] Л. М. Леви ДАН, **95**, 467 (1954). [3] H. Remy, H. Finnern, Zs. anorg. Chem., **159**, 241 (192

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ФИЗИКА

П. Э. НЕМИРОВСКИЙ

К ВОПРОСУ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ АНТИПРОТОНОВ С ЯДРАМИ

(Представлено академиком И. В. Курчатовым 3 XI 1956)

В ряде работ группы Сегре ([1], [2]) показано, что сечения неупругого взаимодействия антипротонов с ядрами в области энергий антипротонов 300—0 Мэв значительно превосходят сечения взаимодействия нуклонов с ядрами. Так, для Cu при энергии 450 Мэв эксперимент дает $\frac{\sigma_a}{\sigma_н} = 1{,}5 \pm 0{,}5$, или барна ([1]), а по другим данным $\frac{\sigma_a}{\sigma_п} = 2{,}02$ ([2]).

Для меньших энергий и более легких ядер это отношение возможно ньше (эффект наблюдался для Be и стекла). Если рассматривать ядро езким краем, эффект не может быть объяснен, так как ядро Cu является ити черным уже для нуклонов. Поэтому для его объяснения необходимо ссмотреть ядро с размытым краем.

Потенциал на границе ядра должен убывать постепенно по двум причим. Во-первых, потенциал взаимодействия между нуклоном и антинуклом имеет конечный радиус. Зависимость элементарного взаимодействия от стояния неизвестна, однако оно, во всяком случае, должно быстро исчеь при $r > 1{,}5 \cdot 10^{-13}$ см (если допустить, что взаимодействие переносится тицами не легче π-мезонов). Этого, по-видимому, недостаточно для объяния антинуклонных сечений (особенно, если потенциал взаимодействия еет гауссову форму). Однако существует второй эффект, приводящий к разтости границы ядра. Согласно ряду экспериментальных данных (рассея электронов большой энергии, μ-мезонные атомы и т. д.) плотность ядерй материи не обрывается скачком на границе ядра, а убывает постепенно. льямс ([3]) показал, что такое предположение хорошо согласуется с данми по рассеянию быстрых нейтронов на ядрах.

Данные по рассеянию электронов на ядрах ([4]) показывают, что плотность отонов убывает с 0,9 до 0,1 на расстоянии порядка $2{,}4 + 0{,}3 \cdot 10^{-13}$ см. данной заметке будет показано, что можно разумно объяснить антипроные сечения, исходя из приведенного выше хода плотности.

В дальнейшем будем предполагать, что взаимодействие антинуклона уклоном описывается δ-функцией, и учтем лишь влияние хода плотности клонов (ход плотности нейтронов и протонов предполагается одинаковым). отность ρ может быть задана, например, следующими тремя способами:

$$1)\ \rho = \rho_0 \ \text{при}\ r \leqslant r_0^{(1)},\quad \rho = \rho_0 e^{-\frac{r - r_0}{a_1}} \ \text{при}\ r \geqslant r_0^{(1)}; \tag{1}$$

$$2)\ \rho = \frac{\rho_0}{1 + e^{\frac{r - r_0^{(2)}}{a_2}}}; \tag{2}$$

$$3)\ \rho = \rho_0 \ \text{при}\ r \leqslant r_0^{(3)},\quad \rho = \rho_0 e^{-\frac{(r - r_0)^2}{a_3^2}} \ \text{при}\ r \geqslant r_0^{(3)}. \tag{3}$$

Для меди принимаем

$$a_1 = 0{,}7 \cdot 10^{-13} \text{ см}, \quad r_0^{(1)} = 4{,}1 \cdot 10^{-13} \text{ см}$$

либо

$$a_2 = 0{,}5 \cdot 10^{-13} \text{ см}, \quad r_0^{(2)} = 4{,}3 \cdot 10^{-13} \text{ см}$$

и, наконец,

$$a_3 = 2 \cdot 10^{-13} \text{ см}, \quad r_0^{(3)} = 2{,}8 \cdot 10^{-13} \text{ см}.$$

Все указанные значения параметров не противоречат данным по рассеяни электронов.

Далее следует найти коэффициент поглощения ядерной материи $K = \rho$ соответствующий опытному значению сечения поглощения.

Величина $\bar{\sigma}$ есть сечение взаимодействия нуклона и антинуклона, усре ненное по протонам и нейтронам в ядре. Принцип Паули при этом взаим действии можно не учитывать, особенно при $E = 300 — 500$ Мэв (поскольк он не накладывает ограничений на аннигиляцию, а ограничения на рассе ние оказываются вдвое слабее, чем для нуклон-нуклонных соударений Поэтому $\bar{\sigma}$ не должно сильно отличаться от сечения взаимодействия свобо ных частиц.

В терминах геометрической оптики $2\int_{-\infty}^{\infty} \rho \bar{\sigma} ds$ даст ослабление пучка ан протонов, проходящего на прицельном расстоянии r, а сечение выразит как

$$\sigma_a = 2\pi \int_0^{\infty} r \left(1 — \exp\left[-2 \int_0^{\infty} \rho(\varkappa) \bar{\sigma} ds\right]\right) dr, \qquad (4$$

где $\varkappa = \sqrt{r^2 + s^2}$

Используем приведенные выражения хода плотности для расчета соуд рений нуклонов с ядрами. В данном случае коэффициент поглощения опр деляется легко. Усредненное по нейтр нам и протонам сечение взаимоде ствия протона с нуклонами равно 28 м при $E \sim 300—500$ Мэв. Если учест принцип Паули для энергии 450 Мэ падающего нуклона, то сечение вз имодействия внутриядерных нуклоно с налетающим следует принять ра ным 24 мб. Плотность ядерной матери в центре ядра ρ_0 в случае (1) равн $1{,}30 \cdot 10^{38}$, в случае (2) — $1{,}25 \cdot 10^{3}$ а в случае (3) — $1{,}43 \cdot 10^{38}$. Коэфф циент поглощения $K(0)$ равен, соответ ственно, $3{,}12 \cdot 10^{12}$; $3 \cdot 10^{12}$; $3{,}4 \cdot 10^{1}$

Таблица 1

(1)		(2)		(3)	
$K(0) \cdot 10^{-13}$	σ_a, барн	$K(0) \cdot 10^{-13}$	σ_a, барн	$K(0) \cdot 10^{-13}$	σ_a, барн
3,12	0,7	3,0	0,66	3,4	0,68
6,2	0,91	6,2	0,84	6,2	0,85
12,4	1,103	12,4	1,0	12,4	1,03
24,8	1,28	24,8	1,16	24,8	1,20

При таких коэффициентах ядро с прямоугольным краем является почти черны (сечение поглощения $\sim 0{,}82\,\pi R^2$). Результаты расчета сечений поглощени для трех потенциалов при различных $K(0)$ приведены в табл. 1. Они на ходятся в удовлетворительном согласии друг с другом и опытом. Расчет для Be значительно менее достоверны, однако при $K(0) = 25 \cdot 10^{12}$ сечени возрастает по сравнению с нуклонным более чем в 2 раза.

Как видно из таблицы, $\sigma_a = 1{,}20$ б получается в случае (1) при $\bar{\sigma} = 150$ мб в случае (3) при $\bar{\sigma} = 175$ мб и в случае (2) при $\bar{\sigma} = 200$ мб. Таким образом сечения столкновения свободных антипротонов с нуклонами в указанно интервале энергий составляют примерно 0,15—0,20 б. Однако существова ние столь больших сечений не требует существенного увеличения радиус

имодействия нуклонов и антинуклонов по сравнению с радиусом обыч-
ядерных сил.

Рассмотрим вопрос о влиянии радиуса действия ядерных сил на потен-
л поглощения на краю ядра. Можно ввести конечный радиус действия
в коэффициент поглощения по формуле:

$$K(x) = \int_V L(|x - x'|)\,\rho(x')\,\bar{\sigma}\,dx'. \qquad (5)$$

ли принять $L(\xi) = \text{const}$ при $\xi \leqslant \xi_0$ и $L(\xi) = 0$ при $\xi > \xi_0$, то интегралы
ко вычисляются. Оказывается, что при радиусе прямоугольной ямы
10^{-13} см зависимость коэффициента поглощения от r меняется очень мало.
этом, если значение плотности в центре ядра и сечение элементарного
а сохранить неизменными, то сечение поглощения ядром (при $\bar{\sigma} = 200$ мб)
енится всего на 3%. Если $\xi_0 = 2 \cdot 10^{-13}$ см, то сечение поглощения в
чае хода плотности (1) и (2) при $\bar{\sigma} = 200$ мб увеличивается на 15%.
ким образом, эффект конечного радиуса действия ядерных сил для слу-
размытой границы невелик.

Следует отметить, что при меньших энергиях существуют другие при-
ы увеличения взаимодействия антинуклонов с ядрами. Прежде всего
ним относится кулоновское притяжение, в результате которого фазы
н с $l > kR$ не равны нулю в области действия ядерных сил. Далее,
и действительная часть ядерного потенциала для антинуклонов значи-
льно больше, чем для нуклонов, то увеличивается преломление антину-
онных волн, что, однако, не может очень сильно сказаться на сечении,
и коэффициент поглощения велик. Указанные эффекты могут несколько
еньшить полученные сечения элементарных актов. Поскольку сечение
имодействия антипротона с нейтроном и с протоном могут существенно
личаться, то сравнение может быть проведено лишь после измерений
дейтроне.

Поступило
16 X 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] O. Chamberlain, E. Segre et al., Phys. Rev., **102**, 1659 (1956). [2] J. M. Brant, B. Cork et al., Phys. Rev., **102** 1622 (1956). [3] R. W. Williams, Phys. Rev., 1387 (1955). [4] B. Hahn, D. G. Ravenhall, R. Hofstadter, Phys. Rev., **101**, (1956).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ФИЗИК

В. Г. НОСОВ

ТОНКАЯ СТРУКТУРА α-РАСПАДА ЧЕТНО-ЧЕТНЫХ ЯДЕР

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 3 XI 1956)

Как известно ([1, 2]), при α-распаде несферичных тяжелых ядер набл дается возбуждение ротационных уровней дочернего ядра. Поведен системы дочернее ядро + α-частица описывается уравнением Шредингер

$$\frac{\hbar^2}{2I}\mathbf{J}^2\Psi - \frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\Psi + U(\xi, \eta, \zeta)\Psi = E\Psi,$$

где $\mathbf{J}$ — оператор момента количества движения дочернего ядра, I — е момент инерции, m — приведенная масса, U — потенциальная энерги электростатического взаимодействия α-частицы с ядром и E — полн энергия системы. Момент количества движения дочернего ядра выражает через полный момент системы $\mathbf{K}$ и орбитальный момент α-частицы посредством $\mathbf{J} = \mathbf{K} - \mathbf{l}$. Поскольку для четно-четных ядер (в дальнейше будут рассматриваться только такие ядра) $\mathbf{K} = 0$, $\mathbf{J}^2 = \mathbf{l}^2$ и, следов тельно,

$$\frac{\hbar^2}{2I}\mathbf{l}^2\Psi - \frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\Psi + U(\xi, \eta, \zeta)\Psi = E\Psi.$$

Это уравнение было впервые получено Струтинским ([3]).

Потенциальная энергия зависит только от координат ξ, η, ζ α-части по отношению к ядру, т. е. от декартовых координат в системе отсчет вращающейся вместе с ядром, и не зависит от эйлеровых углов определяющих ориентацию вращающихся осей относительно неподвижны Поэтому (2) удобно решать в переменных ξ, η, ζ, Ω.

При переходе от неподвижной системы координат к вращающей операторы $\mathbf{l}^2$ и ∇^2 сохраняют свой вид. Волновая функция состояни с $\mathbf{K} = 0$ не зависит от Ω; переходя от декартовых координат ξ, η, к сферическим $r, \mu = \cos\vartheta, \varphi$, легко также убедиться, что она не може зависеть от φ. В итоге получаем:

$$\frac{1}{r}\frac{\partial^2}{\partial r^2}(r\Psi) + \left(\frac{m}{I} + \frac{1}{r^2}\right)\frac{\partial}{\partial\mu}\left[(1-\mu^2)\frac{\partial\Psi}{\partial\mu}\right] + \frac{2m}{\hbar^2}[E - U(r, \mu)]\Psi = 0. \quad (3$$

Частное решение, описывающее α-частицу с моментом l, удаляющую от ядра, имеет вид:

$$\Psi_l(r, \mu) = \frac{\sqrt{2l+1}}{2}P_l(\mu)\psi_l(r, \mu), \quad (4$$

где ψ_l перестает зависеть от μ при больших r (множитель $\frac{\sqrt{2l+1}}{2}$ введен из соображений удобства). Подстановка в (3) приводит к уравнени

$$P_l\left\{\frac{1}{r}\frac{\partial^2}{\partial r^2}(r\psi_l) + \left[\frac{2m}{\hbar^2}(E-U) - l(l+1)\left(\frac{m}{I} + \frac{1}{r^2}\right)\right]\psi_l\right\} +$$
$$+\left(\frac{m}{I} + \frac{1}{r^2}\right)\left\{P_l\left[(1-\mu^2)\frac{\partial^2\psi_l}{\partial\mu^2} - 2\mu\frac{\partial\psi_l}{\partial\mu}\right] + 2(1-\mu^2)\frac{dP_l}{d\mu}\frac{\partial\psi_l}{\partial\mu}\right\} = 0, \quad (5$$

орое удобно решать в квазиклассическом приближении:

$$\psi_l = e^{\sigma},$$

$$P_l\left\{\left(\frac{\partial\sigma}{\partial r}\right)^2 + \frac{2}{r}\frac{\partial\sigma}{\partial r} + \frac{\partial^2\sigma}{\partial r^2} + \frac{2m}{\hbar^2}(E-U) - l(l+1)\left(\frac{m}{I}+\frac{1}{r^2}\right)\right\} + \tag{6}$$
$$+\left(\frac{m}{I}+\frac{1}{r^2}\right)\left\{P_l\left[(1-\mu^2)\left(\frac{\partial\sigma}{\partial\mu}\right)^2 - 2\mu\frac{\partial\sigma}{\partial\mu} + (1-\mu^2)\frac{\partial^2\sigma}{\partial\mu^2}\right] + \right.$$
$$\left. +2(1-\mu^2)\frac{dP_l}{d\mu}\frac{\partial\sigma}{\partial\mu}\right\} = 0.$$

Соответствующее разложение для $\sigma(r, \mu)$ представим в виде $\sigma = \sigma_{-1} + \sigma_0 + \sigma_1 + \ldots$; для последовательных приближений σ_k имеем бесконечную последовательность уравнений

$$\left(\frac{\partial\sigma_{-1}}{\partial r}\right)^2 + \left(\frac{m}{I}+\frac{1}{r^2}\right)(1-\mu^2)\left(\frac{\partial\sigma_{-1}}{\partial\mu}\right)^2 = -\frac{2m}{\hbar^2}(E-U) + l(l+1)\left(\frac{m}{I}+\frac{1}{r^2}\right);$$
$$P_l\left[2\frac{\partial\sigma_{-1}}{\partial r}\frac{\partial\sigma_0}{\partial r} + \frac{2}{r}\frac{\partial\sigma_{-1}}{\partial r} + \frac{\partial^2\sigma_{-1}}{\partial r^2}\right] + \left(\frac{m}{I}+\frac{1}{r^2}\right)\left\{P_l\left[2(1-\mu^2)\frac{\partial\sigma_{-1}}{\partial\mu}\frac{\partial\sigma_0}{\partial\mu} - \right.\right. \tag{7}$$
$$\left.\left. -2\mu\frac{\partial\sigma_{-1}}{\partial\mu} + (1-\mu^2)\frac{\partial^2\sigma_{-1}}{\partial\mu^2}\right] + 2(1-\mu^2)\frac{dP_l}{d\mu}\frac{\partial\sigma_{-1}}{\partial\mu}\right\} = 0,$$
. . . . . .

Решение системы (7) облегчается в случае слабо несферичного дочернего ра. В этом случае уравнение поверхности ядра удобно представить виде

$$R(\mu) = R_0 + \xi(\mu) = R_0\left\{1 + \sum_n \alpha_n P_n(\mu)\right\}. \tag{8}$$

личины σ_k ищутся затем в виде рядов по степеням ξ: $\sigma_k = \sigma_k^{(0)} + \sigma_k^{(1)} + \sigma_k^{(2)} + \ldots$ Электростатический потенциал, создаваемый дочерним ядром, легко вычисляется в виде аналогичного ряда (предполагается, что оно равномерно заряжено по объему). В результате несложных выкладок получаем:

$$\sigma_{-1}^{(0)} = i\int_{a_l}^{r} k_l\,dr,\quad \sigma_0^{(0)} = -\ln\sqrt{-ik_l}\,r,$$
$$\tag{9}$$
$$\sigma_{-1}^{(1)} = \frac{3}{2}i\varkappa_b^2\sum_n \frac{\alpha_n}{2n+1}P_n(\mu)\int_r^{\infty}\left(\frac{R_0}{r}\right)^{n+1}\frac{dr}{k_l}.$$

Здесь $k_l = \sqrt{k_\varepsilon^2 - \varkappa_b^2\frac{R_0}{r} - \frac{l(l+1)}{r^2}}$, $\quad \varkappa_b^2 = \frac{4mZe^2}{\hbar^2 R_0}$,

$$k_\varepsilon^2 = \frac{2m\varepsilon}{\hbar^2},\quad \varepsilon \equiv \varepsilon_l = E - \frac{\hbar^2}{2I}l(l+1).$$

Точка возврата a_l определяется из уравнения

$$k_l^2(a_l) = k_\varepsilon^2 - \varkappa_b^2\frac{R_0}{a_l} - \frac{l(l+1)}{a_l^2} = 0.$$

Формулы (9) справедливы и при $r < a_l$, если принято во внимание, что в этой области

$$k_l = i\varkappa_l = i\sqrt{\frac{l(l+1)}{r^2} + \varkappa_b^2\frac{R_0}{r} - k_\varepsilon^2}.$$

льнейшие члены двойного ряда $\sigma = \sum_{k,m}\sigma_k^{(m)}$ пренебрежимо малы.

Подставляя (9) в (6) и (4) и переходя к $r \to \infty$, получаем:

$$\Psi_l \to \frac{\sqrt{2l+1}}{2} \frac{1}{\sqrt{-ik_\varepsilon r}} \left[\exp i \left(k_\varepsilon r - \frac{\varkappa_0^2 R_0}{2k_\varepsilon} \ln 2k_\varepsilon r + \delta_\varepsilon \right) \right] P_l(\mu),$$

т. е. соответствующий поток через замкнутую сферу не зависит от
Поэтому, если представить волновую функцию системы в виде $\Psi = \sum_l c_l \Psi$
то относительная вероятность возбуждения ротационного уровня с моме
том l будет равна $w_l = |c_l|^2$.

Нетрудно выразить коэффициенты c_l через значение волновой функц
на поверхности ядра $\Psi(S)$. Действительно, поскольку интересующие н
значения l невелики, в требуемом приближении имеем

$$\sigma_{-1}^{(0)}(S) = \sigma_{-1}^{(0)}(R_0)\,|_{l=0} - \varkappa_0(R_0)\cdot\xi + \frac{\gamma}{2} l(l+1),$$
$$\sigma_{-1}^{(1)}(S) = \sigma_{-1}^{(1)}(R_0)\,|_{l=0}, \quad \sigma_0^{(0)}(S) = \sigma_0^{(0)}(R_0)\,|_{l=0}, \qquad (1$$

где $\gamma = 2 \frac{\partial \sigma_{-1}^{(0)}}{\partial l(l+1)}(R_0)\,|_{l=0}$. Простые выкладки приводят к формуле

$$\gamma = \frac{2\varkappa}{\varkappa_b^2 R_0} + \frac{m/I}{k^2} \left(\frac{\varkappa_b^2 R_0}{k} \operatorname{arctg} \frac{\varkappa}{k} + \varkappa R_0 \right), \qquad (1$$

где $k \equiv k_E = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}}$, $\quad \varkappa \equiv \varkappa_0(R_0) = \sqrt{\varkappa_0^2 - k^2}$.

Подставляя (10) в (6) и (4), получаем:

$$\Psi(S) = \sum_l c_l \Psi_l(S) =$$

$$= \sum_l c_l \frac{\sqrt{2l+1}}{2} \frac{1}{\sqrt{\varkappa R_0}} \left[\exp\left(\sigma_{-1}^{(0)}{}' - \varkappa\xi + \frac{\gamma}{2} l(l+1) + \sigma_{-1}^{(1)}{}' \right) \right] P_l(\mu). \qquad (1$$

В последней сумме всюду подразумевается $r = R_0$. Вертикальная чер
справа от соответствующего выражения означает, что его следует взят
при $l = 0$. Не зависящий от l множитель $\frac{1}{\sqrt{\varkappa R_0}} e^{\sigma_{-1}^{(0)}{}' - \varkappa\xi + \sigma_1^{(1)}{}'}$ можно вы
нести за знак суммы и перенести в другую часть равенства. В резул
тате применение теоремы полноты дает:

$$c_l = \sqrt{\varkappa} R_0 e^{-\sigma_{-1}^{(0)}|} \sqrt{2l+1}\, e^{-\frac{\gamma}{2} l(l+1)} \int_{-1}^{1} \Psi(S) e^{\varkappa\xi - \sigma_{-1}^{(1)}|} P_l(\mu)\, d\mu,$$
$$w_l = \varkappa R_0^2 e^{-2\sigma_{-1}^{(0)}|} (2l+1) e^{-\gamma l(l-1)|} \int_{-1}^{1} \Psi(S) e^{\varkappa\xi - \sigma_{-1}^{(1)}|} P_l(\mu)\, d\mu|^2. \qquad (1$$

В случае слабо несферичных ядер представляется наиболее естестве
ным предположить $\Psi(S) = \text{const}$. Нормируя относительную вероятность
условием $w_0 = 1$, получаем окончательно:

$$w_l = (2l+1) e^{-\gamma l(l+1)} \left| \frac{\int_{-1}^{1} e^{\varkappa\xi - \sigma_{-1}^{(1)}|} P_l(\mu)\, d\mu}{\int_{-1}^{1} e^{\varkappa\xi - \sigma_{-1}^{(1)}|} d\mu} \right|^2. \qquad (1$$

Как известно [4], в тяжелых ядрах наиболее существенной являет
квадрупольная деформация вида $\xi = R_0 \alpha_2 P_2(\mu)$. Подстановка в (9) и (1
дает

$$w_l = (2l+1)\, e^{-\gamma l(l+1)} \left| \frac{\int_0^1 e^{\beta P_2(\mu)} P_l(\mu)\, d\mu}{\int_0^1 e^{\beta P_2(\mu)}\, d\mu} \right|^2, \qquad (15)$$

$$\beta = \left[\frac{4}{5} \varkappa R_0 \left(1 - \frac{k^2}{2\varkappa_b^2} \right) - i \frac{2}{5} \frac{k^3 R_0}{\varkappa_b^2} \right] \alpha_2. \qquad (16)$$

Физический смысл (15) прост. Экспоненциальный фактор представляет симость проницаемости кулоновского барьера от энергии и момента стицы. В частности, он учитывает неадиабатичность процесса, т. е. бстоятельство, что за время прохождения α-частицей подбарьерной

Таблица 1

ро	α_2		$Q_0 = \frac{6}{5} ZR_0^2\alpha_2 \cdot 10^{24}$		Ядро	α_2		$Q_0 = \frac{6}{5} ZR_0^2\alpha_2 \cdot 10^{24}$	
	(I)	(II)	(I)	(II)		(I)	(II)	(I)	(II)
220	0,26	0,21	10	16	U^{230}	0,13	0,11	5	9
222	0,29	0,23	11	17	U^{232}	0,15	0,13	6	11
22	0,24	0,20	9	15	U^{234}	0,20	0,16	8	13
24	0,30	0,24	12	18	U^{236}	0,18	0,15	8	12
26	0,26	0,21	10	16	U^{238}	0,16	0,14	7	12
28	0,30	0,24	12	19	Pu^{238}	0,18	0,15	8	13
26	0,27	0,22	11	17	Pu^{240}	0,17	0,15	7	13
28	0,26	0,21	10	17	Cm^{242}	0,15	0,13	7	11
30	0,21	0,17	9	14	Cm^{246}	0,13	0,11	6	10
32	0,23	0,19	9	15	Cm^{248}	0,12	0,10	5	9
34	0,21	0,17	9	14	Cf^{250}	0,12	0,10	6	9

сти ядро успевает повернуться на заметный угол. Поэтому резуль-, полученные ранее в адиабатическом приближении ([5,6]), не являются не достоверными. Интеграл, стоящий под знаком квадрата модуля, опи-ет непосредственное влияние деформации поверхности ядра $\xi(\mu)$, допол-ре действием квадрупольного потенциала $\sigma_{-1}^{(1)}|$. Заметим, что этот грал может быть легко вычислен с помощью таблиц ([7]) функции

$$= e^{-z^2} \int_0^z e^{x^2}\, dx.$$

редставляется возможным на основании опытных данных ([1,8,9]) вы-ить по формулам (11), (15) и (16) деформацию α_2 некоторых ядер. чины k, I, w_2 определяются экспериментально; для радиуса ядра одится брать два альтернативных значения: $R_0 = 1{,}0A^{1/3} \cdot 10^{-13}$ см (I) $= 1{,}4A^{1/3} \cdot 10^{-13}$ см (II). Результаты обработки экспериментальных ых представлены в табл. 1. Рассчитанный ход квадрупольного мо-Q_0 дочернего ядра может быть проверен путем измерения сечения новского возбуждения $O_+ \to 2_+$ или вероятности испускания γ-кванта O_+ ([4]).

Поступило
29 VIII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

Ann. Rev. Nucl. Sci. U. S. A., 1954, [2] A. Bohr, P. Fröman, B. Mottel-Dansk. Mat. Fys. Medd., 29, 10 (1955). [3] В. Струтинский, ЖЭТФ, 30, № 2, 956). [4] A. Bohr, Rotational States in Atomic Nuclei, 1954. [5] В. Носов, 103, № 1, 65 (1955). [6] В. Струтинский, ДАН, 104, № 4, 524 (1955). [7] К. Кар-: Таблицы функции $w(z) = e^{-z^2} \int_0^z e^{x^2} dx$ в комплексной области, 1954. [8] F. Asaro, ephens, B. Harvey, I. Perlman, Phys. Rev., 100, № 1; 137 (1955). saro, F. Stephens, S. Thompson, I. Perlman, Phys. Rev., 98, 1, 19. (1955).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ОКЕАНОЛОГ

Е. Н. НЕВЕССКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЛЩ ПРИБРЕЖНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ С ПОМОЩ ВИБРОПОРШНЕВОЙ ТРУБКИ

(Представлено академиком А. А. Григорьевым 9 VI 1956)

Летом 1955 г. на Черном море были поставлены экспедиционные раб по исследованию донных грунтов, которыми были охвачены следующие ра ны: Витязевская и Бугазская пересыпи на Таманском полуострове, Керч ский пролив с выходом в Азовское море, Таманский залив, Феодосийс залив, Каламитский залив, Каркинитский залив. Мы придерживались пр ципа проведения галсов по нормали от берега со спуском трубки на станда ных глубинах от 3 до 30 м, а также брали колонки в дополнительных т ках, представляющих специальный интерес. При береговых работах лонки брались также по створам морских галсов с тем, чтобы получ единый разрез толщи морских отложений, как подводных, так и наземн вплоть до коренного берега. В результате работ было получено более колонок.

Работа проводилась с вибропоршневой трубкой ВПТ-54 (конструк Е. И. Кудинова) — новым прибором, созданным в 1954 г. в отделе морс техники Института океанологии АН СССР (рис. 1). В трубке ВПТ-54 испо зован принцип механической вибрации, что позволяет с большой быстро брать колонки грубых прибрежных наносов без нарушения стратифика и внутренней структуры как на море, с судна, так и на суше, с помощ легкой треноги.

Скорость погружения колонковой трубы в толщу прибрежных осадк даже если эта толща слагается наиболее трудно проходимыми разностям плотным песком, галькой, ракушей, гравием и т. д., достаточно вели Трехметровая труба полностью погружается в течение 1—2 мин. Дл колонок грунта в настоящее время — 3 метра, диаметр получаемых ко нок — 6 см.

Как показал анализ фауны, полученные колонки включают слои о ков, соответствующие в основном лишь двум последним эпохам разви Черноморского бассейна, а именно древнечерноморской и современ Лишь отдельные колонки дошли до верхов новоевксинских отложен Таким образом, в сфере исследования оказались те естественные истор ские изменения в прибрежной полосс, которые происходили на протяже нескольких последних тысячелетий, характеризовавшихся как известно развитием черноморской трансгрессии.

Колонки, взятые в море против пересыпей Витязевского и Бугазс лиманов (рис. 2), были сведены в профили. Из рис. 3, на котором изобра один из таких профилей (разрез *VIII*), сделанный против Бугазской пер пи, видно, что под слоем песка, покрывающего дно в настоящее время, обнаружен слой черного пластичного ила с обедненной лиманной фау в залегании in situ. Здесь обнаружены многочисленные раковины Card edule L. различных размеров, часто в виде парных створок. Кроме того вс чаются раковины Abra ovata (Phil.) и много мелких гастропод Cerithic sp. Hydrobia sp. и др. Найден также один экземпляр Adacna sp. В ниж

зонтах илистого слоя фауна еще более однообразна: здесь присутствуют
овном только Cardium edule L. и редко встречаются Abra ovata (Phil.)
строподы (определения Л. А. Невесской). Пришлифовки образцов ила
азных уровней илистого горизонта позволили обнаружить тонкую, до-

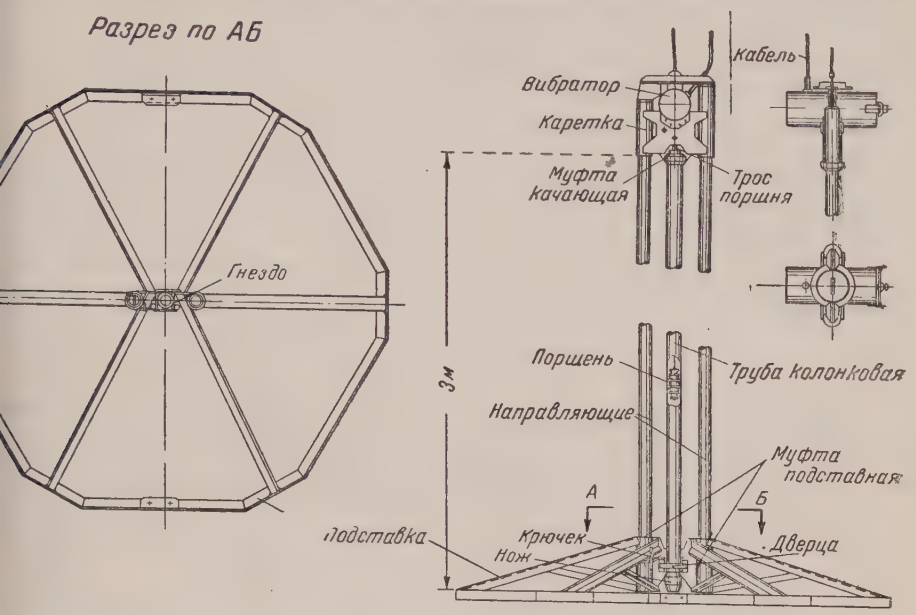


Рис. 1. Схема прибора

но постоянную годовую микрослоистость с мощностью отдельных про-
в равной приблизительно 1,5 мм.
лой ила выклинивается в сторону моря, и мощность его увеличивается
рону суши. Наличие лиманных илов на расстоянии 1,5 км от берега под

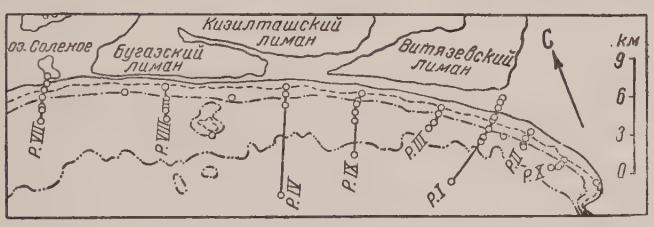


Рис. 2. Схема района работ

позднейших чисто морских песчаных отложений доказывает, что
шлом Бугазская пересыпь располагалась значительно южнее ее нынеш-
положения.
начало образования илов совпало, по-видимому, с тем временем, когда
ыпь отделила лиман от моря. Одновременно пересыпь начала сдвигать-
северу, погребая под собой слой ила. Когда пересыпь достигла положе-
соответствующего ст. 2, расположенной от края илистого пласта на
оянии 370 м, здесь уже успел образоваться илистый слой, равный
м. Если условно считать скорость образования ила равной 1,5 мм в год,
ерно такая же цифра приводится в литературе для Крымских соленых
находящихся в сходных с Таманскими лагунами условиях) ([5]), то
о подсчитать время, за которое пересыпь сдвинулась на 370 м, а имен-
360 : 1,5 = 1573 года. Следовательно, за 1 год пересыпь смещалась

на 24 см, что соответствует, по-видимому, и темпу абразии примыкающ участков берега, с которыми соединялась пересыпь. Эти участки, обрыв щиеся к морю крутыми уступами высотой 10—20 м, сложены довольно р лыми третичными породами (пески и глины).

Другой путь подсчета скорости отступания берега заключается в из рении расстояния между двумя станциями 2А и 2 и разности мощнос илистого слоя по этим станциям. Считая скорость отложения ила неизмен и проведя соответствующие подсчеты, получаем, что скорость отступа пересыпи и одновременно скорость абразии равны 29 см в год. В сред можно считать темп абразии равным 27 см в год.

Приведенные подсчеты можно считать все же лишь приблизительны из-за некоторых допущений. Для более точного определения скорости об зования ила в лимане требуются дополнительные данные.

Расстояние от края пласта лиманных илов до современного берега ра 1550 м. Условно приняв, что ширина древней пересыпи была равна 15 200 м, мы можем считать, что расстояние от древней пересыпи до совре

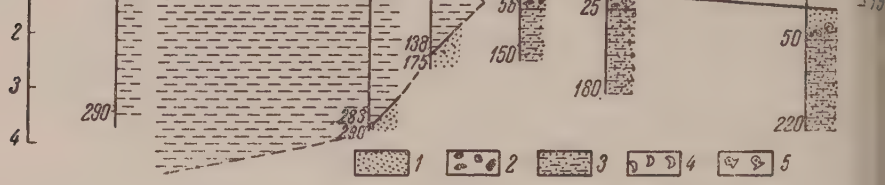


Рис. 3. Разрез *VIII*: *1* — песок, *2* — галька, *3* — ил, *4* — ракушечный детритус *5* — ракушка

ной равно 1700 м. Полагая, что темп отступания пересыпи равен 27 см в г можно подсчитать время, в течение которого пересыпь отступила от пер начального до нынешнего положения, а именно, 170000 : 27 = 6300 Таков возраст пересыпи.

Как показало изучение колонок, непосредственно за краем пласта и под метровым слоем позднейших отложений, состоящих из тонкозернист слабозаиленного песка, залегает реликт древней пересыпи в виде галь гравия, окатанной ракушечной дресвы и прочих элементов наносов приб ной зоны. Это хорошо видно на одной из колонок, составляющих проф (ст. 3). Глубина над этими точками сейчас достигает 9 м. Следователь с момента образования пересыпи до нашего времени уровень моря повыси на 9 м. Так как по данным раскопок в древней Фанагории за послед 2500 лет уровень моря повысился на 2—4 м ([2], [4]), то по-видимому, за пре дущие 3500 лет темп относительного повышения уровня был несколько вы и составил, примерно, 5—6 м.

Другие профили, взятые против берегового участка оз. Соленое — бу Анапская, дали возможность определить форму мощного песчаного акку лятивного тела, залегающего на подводном склоне этого участка. Выяс лось, что аккумулятивное тело имеет форму изогнутого клина, расшир щегося к юго-востоку. Это служит доказательством, что на данном учас имело место интенсивное перемещение песка с аккумуляцией на юго стоке.

Анализ ряда колонок, взятых против разбираемого участка берега, возможность выявить основные черты палеорельефа коренных пород, ск тых в настоящее время под покровом позднейших песчаных наносов. Вы нилось, что против участка коренного берега, разделяющего в настоя

я Витязевский и Бугазский лиманы и представляющего полуразру-
ую антиклинальную складку ([3]), на дне под слоем наносов тянется в ме-
ональном направлении пологий вал, сложенный коренными породами.
ось грубо оконтурить этот вал, который структурно, по-видимому,
ется продолжением упомянутой антиклинали. Против обоих лиманов
ность современных донных наносов сильно возрастает. Однако у
оленого и Анапы вновь удалось нащупать коренные породы под слоем
ких осадков.

Новые данные, касающиеся развития прибрежной полосы в верхнечет-
ичное время, были получены также и по другим районам. Вибропорш-
я трубка оказалась мощным и совершенным инструментом исследова-
и представляет большие возможности для изучения береговых процес-
и истории берегов.

Поступило
8 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

А. Д. Архангельский, Н. М. Страхов, Геологическое строение и исто-
равития Черного моря, Изд. АН СССР, 1938. [2] В. Д. Блаватский, Вестн. древн.
№ 3—4 (1940). [3] Н. Б. Вассоевич, Нефт. хоз., № 3 (1929). [4] В. Ф. Гай-
евич, Боспорское царство, Изд. АН СССР, 1949. [5] Ю. В. Первольф, Тр.
н. лаб. Всес. инст. галлургии АН СССР, в. 14 (1937).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

БИОФИЗИ

А. Г. БЕГЛАРЯН, К. А. КЯНДАРЯН и С. А. ПАПОЯН

ГИСТОПАТОЛОГИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОСТРОЙ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ

(Представлено академиком Л. А. Орбели 30 V 1956)

Работами отечественных исследователей ([2,4,6]), изучавших нервную с стему облученных животных физиологическим, электроэнцефалографи ским и электрофизиологическим методами, с большой убедительностью к казано, что при облучении ионизирующими лучами в нервной системе п опытных животных разыгрываются значительные изменения. Несмотря это, в радиологической литературе долгие годы господствовало неправи ное мнение, что нервная система не изменяется при облучении, так как п морфологическом исследовании в центральной нервной системе до посл него времени не обнаруживали гистопатологических изменений ([7,8]), всяком случае у взрослых животных ([3]).

За последнее время В. В. Португалов ([5]) с сотрудниками, исследуя нер ную систему облученных животных гистологическим и гистохимическ методами, получил интересные данные об изменениях в нервной систем которые, вместе с нашими данными ([1]), полностью опровергают мнение устойчивости нервной системы к действию излучений.

Мы поставили перед собой задачу изучить нервную систему облученны животных в различные периоды острой лучевой болезни.

В нашем исследовании мы изучали морфологическую канву рефлекто ной дуги: от рецепторов, по чувствительным путям и далее по пути распр странения импульса, с учетом соподчиненности различных отделов нервн системы.

Работа велась на кроликах. Производилось как общее однократное о лучение животных рентгеновскими лучами дозой в 1000 r и радиоактивны кобальтом (аппликаторы с которым прикреплялись непосредственно к л но-теменной области головы) в дозе в среднем до 50 000 γ-r.

В результате действия ионизирующих излучений у кроликов разви лась классическая картина острой лучевой болезни, от которой животн погибали в различные сроки. У облученных животных изучались биохим ческие, гематологические и электроэнцефалографические изменения, а та же поражение кожных покровов *.

В настоящей статье приводятся данные гистологического исследовани Вскрывая кроликов, погибших в различные периоды лучевой болезни, м брали для гистологического исследования кусочки кожи, языка, печен дуги аорты, надпочечников и участки различных отделов желудочно-киш ного тракта, а также спинного мозга с межпозвоночными узлами, блужда щего нерва с узловатым ганглием, продолговатого и головного мозга.

Материал фиксировали 12%-м нейтральным формалином. После фикс ции и приготовления срезов, его окрашивали гематоксилин-эозином или Нисслю, кроме того, проводили также серебрение по Бильшовскому и Кампасу.

* В работе, кроме авторов, принимали участие В. А. Фанарджян, И. Г. Демирчогл С. Г. Шукурян, А. А. Загацкая и Р. А. Арутюнян.

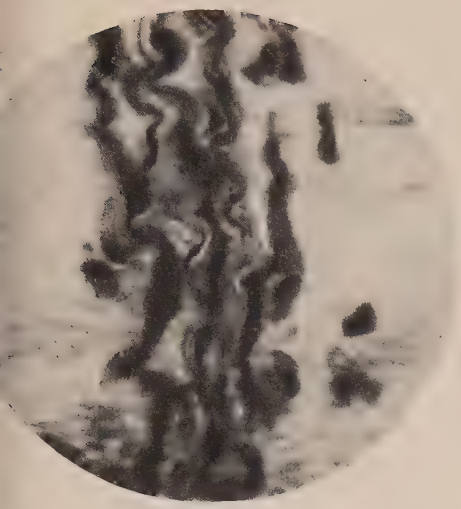


Рис. 1

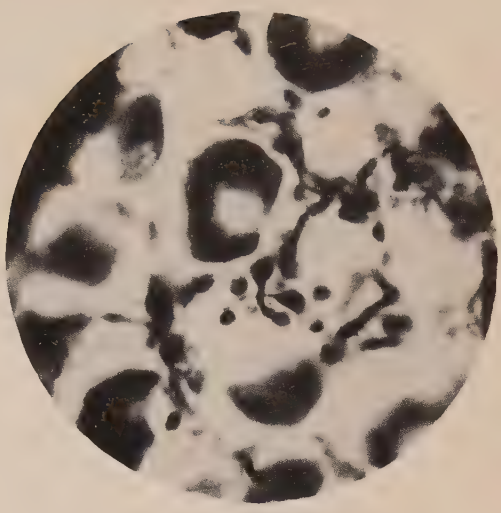


Рис. 2

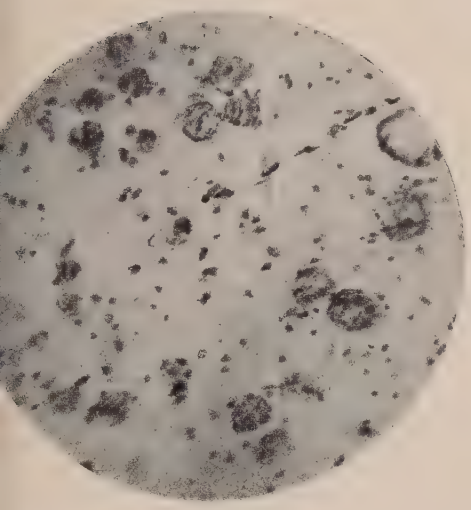


Рис. 3

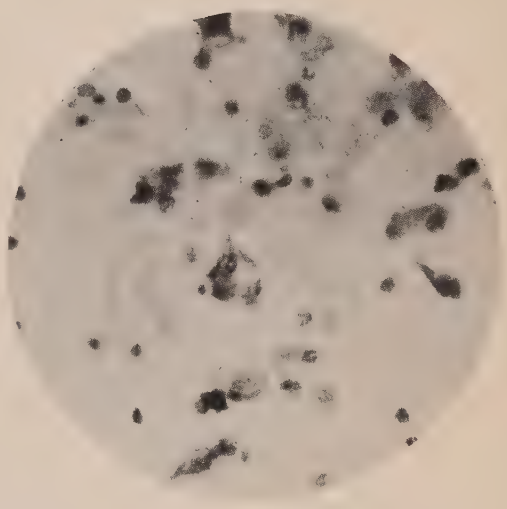


Рис. 4

Рис. 1. Рецептор из области дуги аорты. Выраженная аргентофилия, варикозное утолщение, разволокнение рецептора, местами с фрагментацией аксонов. Импрегнация серебром по Кампасу

Рис. 2. Гидропическая дистрофия с набуханием клеток межпозвоночного чувствительного узла. Импрегнация серебром по Кампасу

Рис. 3. Гидропическая дистрофия и кариоцитолиз клеток бокового рога спинного мозга. Окраска по Нисслю

Рис. 4. Пирамидальные клетки коры в состоянии сморщивания, гидропической дистрофии и кариоцитолиза. Окраска по Нисслю

В период первичных реакций, а также в латентный период, нами обнару-
ны изменения в основном в рецепторных проводниках и в клетках меж-
звоночных чувствительных узлов. Эти изменения являются начальными
оворят о раздражении чувствительных нейронов. Были обнаружены при-
аки раздражений чувствительных проводников и чувствительных клеток,
ражавшиеся в варикозности нервных волокон, вакуолизации миэлиновой
олочки; в клетках межпозвоночных узлов наблюдался центральный или
гальный хроматолиз. Эти изменения расцениваются нами как дистрофи-
кие. Однако сначала они незначительны и не свидетельствуют еще о глу-
ком поражении чувствительных нейронов.

В дальнейшем, в разгар болезни, в висцеро-рецепторных аппаратах,
увствительных проводниках и в клетках межпозвоночных узлов дистро-
ческие изменения еще больше усиливаются. Наблюдаются разволокне-
е рецепторов с фрагментацией аксонов на всем протяжении чувствитель-
х проводников (рис. 1), гидропическая дистрофия, хроматолиз, гипер-
роматоз или гипераргентофилия клеток межпозвоночных узлов (рис. 2),
еток боковых рогов спинного мозга, дорзальных ядер продолговатого
зга (рис. 3) и гипоталамической области. В этих же областях встречаются
ничные клетки с выраженной гидропической дистрофией с явлениями ка-
олиза.

В коре, наряду с хорошо сохранившимися участками, встречаются от-
льные поля с нарушением цитоархитектоники. В таких же участках
блюдаются небольшие поля опустошения. В сохранившихся пирамидаль-
х клетках в участках разрежения и опустошения коры наблюдается фраг-
нтация отростков с резким набуханием клеток и с центральным хромато-
зом (рис. 4) или кариоцитолизом. Встречаются также участки с явления-
нейронофагии.

Наши наблюдения показывают, что нервная система во все периоды луче-
болезни диффузно не поражается: в основном страдают висцеро-рецеп-
ный аппарат, чувствительные ганглиозные клетки, клетки боковых ро-
спинного мозга, дорзальные ядра продолговатого мозга и клетки гипо-
амической области и отдельных участков коры головного мозга. Обнару-
ные изменения с большой убедительностью показывают, что больше
го поражается вегетативная нервная система. Клетки передних рогов
нного мозга, основная масса клеток продолговатого мозга, варолиева
та и обширные участки коры морфологически остаются интактными.
Наряду с изменениями нервных проводников, отдельных клеток или
пп клеток, во всех отделах центральной нервной системы у облученных
вотных наблюдались также выраженные гемодинамические нарушения.
нарушения выражались в виде полнокровия с резким расширением сосу-
и с плазматическим пропитыванием их стенок. Наблюдались также стаз,
иваскулярный отек с экстравазатами.

Нам кажется, что избирательность поражения чувствительных путей и
тров, высших вегетативных центров и отдельных полей коры в наших
тах определяется функциональным состоянием этих отделов. Вредонос-
действие ионизирующей радиации больше сказывается именно на тех
лах, которые находятся в функционально перенапряженном состоянии.
Интересно, что в период первичных реакций, а также в латентный пе-
д мы наблюдали в основном повреждения висцеро-рецепторного аппарата
увствительных нейронов; в разгар болезни сначала включаются в патоло-
ский процесс клетки боковых рогов спинного мозга, дорзальные ядра
долговатого мозга и гипоталамической области; однако этим процесс не
аничивается — изменения переходят на двигательные пути, на интра-
альный аппарат органов и постганглионарные волокна. Таким образом,
чение лучевой болезни постепенно выключаются все новые звенья реф-
торной дуги, постепенно нарушается связь между центром и периферией.
Доказательством вышесказанного являются вегетативные и нейродист-
ические расстройства, которые обнаруживаются прижизненно, как то:

нарушение ритма сердца, секреторные и моторные нарушения функц органов желудочно-кишечного тракта вплоть до развития паралитическ непроходимости, появления язв по ходу желудочно-кишечного тракта и т.

Нами были подробно исследованы препараты тех же участков нервн системы у двух кроликов, убитых введением 10% -го формалина в полос левого желудочка, через 9 мес. после облучения. Несмотря на то, что ж вотные уже прошли острый период лучевой болезни и их общее состоян стало более или менее удовлетворительным, несмотря на отсутствие мак скопических изменений в виде кровоизлияний, полнокровия органо язв и т. д., в нервной системе нами был обнаружен ряд гистопатолог ческих изменений. Они наглядно показывают, что репаративные процес в нервной системе развиваются очень медленно. Существует разрыв меж общим клиническим благополучием и гистоморфологией нервной систем

Таким образом, гистоморфологические исследования животных с эксп риментальной лучевой болезнью выявили ряд серьезных изменений в ра личных отделах нервной системы, начиная от рецепторов и кончая кор головного мозга.

Научно-исследовательский институт
рентгенологии и онкологии
Министерство Здравоохранения АрмССР

Поступило
29 V 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. Г. Бегларян, К. А. Кяндарян, С. А. Папоян, Тез. докл. Зак казск. радиологич. конфер., Тбилиси, 1955. [2] М. Н. Ливанов, Тез. докл. Всесою конфер. по медицин. радиологии, М., 1956. [3] Б. Н. Могильницкий, Л. Д. П лящук, Вестн. совр. мед., № 19 (1929). [4] М. И. Неменов, Рентгенотерапия че воздействие на нервную систему, 1950. [5] В. В. Португалов, Цит. по Мед. рабо № 66 (1394) (1955). [6] И. Тарханов, Изв. СПб. биологич. лаб., 1, в. 3 (189 [7] H. Wetterer, Handb. d. Röntgenradiumtherapie, 2, München — Leipzig, 19 [8] H. Heineke, G. Perthes, Lehrb., d. Strahlentherapie, 1, Berlin — Wien, 19

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

А. Г. СМАГИН

К ВОПРОСУ О РОЛИ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ В КРИСТАЛЛАХ ПЬЕЗОКВАРЦА

(Представлено академиком А. В. Шубниковым 21 X 1956)

В теории пьезоэлектричества и кристаллографии большое значение еет определение коэффициента внутреннего трения кристаллов.

Этой проблеме были посвящены работы Гюнтера (1), Шембеля (2) и дру-х. Однако она до сих пор не решена, поскольку резонаторы, с которыми оводились исследования, имели большой логарифмический декремент тухания.

Следует различать два вида потерь на внутреннее трение в реальном исталле кварца:

1. Дефектное внутреннее трение. В реальном кристалле имеются неод-родности решетки, свили, муть, фантомы, «голубые иглы», внутренние ещины, пустые, не занятые частицами, места, двойниковые образования т. д., вызванные условиями роста (среда, температура, давление).

Поэтому факт существования в реальном кристалле кварца внутреннего ения, обусловленного наличием дефектов, не вызывает сомнения.

2. Собственно внутреннее трение кристалла как макроскопической си-емы связанных заряженных частиц. Этот вид трения обусловлен ионным аимодействием и присущ не только реальному, но и идеальному кри-аллу. Это взаимодействие неизбежно вызывает появление диссипативной мпоненты для электромагнитной энергии. Существенную роль в явлении утреннего трения играют, вероятно, потери на излучение. О наличии терь на излучение для связанных осцилляторов указано в (3).

Во всяком реальном кристалле эти два вида трения присутствуют всег-вместе, и поэтому полностью разделить их невозможно. В (1) и (2) правиль-отмечается, что коэффициент внутреннего трения является статистиче-ой величиной благодаря присутствию в кристалле известного количества фектов.

Мы провели измерение коэффициента внутреннего трения на четырех арцевых резонаторах. Следует отметить, что значения коэффициента утреннего трения для всех четырех резонаторов совпадали (в пределах шибок опыта). Это объясняется, вероятно, тем, что все четыре заготовки ли вырезаны из одного моноблока.

Методика измерений. Кристалл кварца обрабатывался на шлифовально-олировальном станке последовательно всеми видами наждаков и в резуль-те получал форму двояковыпуклой сферической линзы. Линза возбуж-лась в генераторной схеме. В момент измерения анодная цепь генератора змыкалась и свободные затухающие колебания с кристалла подавались вход синхроскопа (4,5).

Добротность измерялась по формуле:

$$Q = \frac{1}{2}\omega\tau, \qquad (1)$$

е ω — круговая частота, τ — время изменения амплитуды на экране син-роскопа в e раз, фиксировавшееся с помощью секундомера.

Как известно, добротность колеблющейся системы является функцией ссипации энергии за период колебания. Добротность определяется также едующим выражением:

$$Q = \frac{\omega L_q}{R_q}, \qquad (2)$$

где

$$R_q = R_{qr} + R_{ql} + R_{qf} + R_{qs} + R_{q0}.$$

Здесь R_{qr} — потеря энергии на излучение ультразвука; при высоком вакуу ме $R_{qr} = 0$; R_{ql} — потеря энергии на связанные колебания, равная нул для линзового резонатора (подтверждено измерениями спектра частот рез натора); R_{qf} — потеря энергии на трение в местах крепления; крепление линзы по трем равноудаленным точкам нейтральной плоскости позволил уменьшить эту компоненту, а использование эффекта анизотропии ампли туды колебаний по контуру круга дало возможность свести ее к практически ничтожной величине; R_{qs} — потеря энергии на трение в поверхностном слое Ван Дейк ([6]) и Мэсон ([7]) нашли, что затухание кварца зависит от обработки его поверхности.

Оказалось, что R_{qf} играет превалирующую роль в ряду потерь ([5]).

Удалось свести R_{qf} к минимуму следующим путем: а) после шлифовки поверхности очень мелким наждаком кристалл протравливался в 20% растворе HF в течение 28—30 мин. для удаления выкрошившихся части кристалла и наждака; б) последующая полировка улучшала микрорельеф поверхности и снижала трение в ее трещинах; она производилась до уста новления постоянной величины добротности; в) дополнительная обработка в $KF_2 + H_2O$ окончательно удаляла частицы кристалла и наждака, об работка в растворе $H_2SO_4 + K_2Cr_2O_7$ растворяла грязевые и примесные частицы; обработка в рафинированном спирте удаляла жировую пленку; г) термообработка в вакууме уменьшала потери энергии в структуре и на поверхности; д) окончательной операцией являлось залечивание микротре щин в вакууме.

Чтобы достичь еще большего уменьшения влияния поверхностных по терь, мы возбуждали кварцевые линзы на гармониках. С ростом номера гармоники потери на внутреннее трение остаются постоянными, а поверх ностные потери уменьшаются. Поскольку остальные компоненты потерь све дены к нулю, эта заключительная операция дала возможность получить объективное значение величины коэффициента внутреннего трения.

Коэффициент внутреннего трения в кристалле равен

$$\mu = \frac{\delta}{\alpha}, \qquad (3$$

где δ — логарифмический декремент, а α — коэффициент, связанный с упруго константой для сдвиговых колебаний в плоскости линзы; для кварца $\alpha = \frac{k\,\pi^2}{bV\overline{\rho c'_{26}}} = 0{,}44 \cdot 10^{-3}$. Формула (3) справедлива при потерях только на внутреннее трение. Асимптотическое значение $\delta = 1{,}38 \cdot 10^{-7}$. Следова тельно,

$$\mu = \frac{1{,}38 \cdot 10^{-7}}{0{,}44 \cdot 10^{-3}} = 3{,}14 \cdot 10^{-4} \text{ г см}^{-1} \text{ сек}^{-1}.$$

R_{qs} для шлифованного кристалла кварца составила 960 Ω, а для кристалла прошедшего все виды обработки — 2 Ω, так что $R_{q0}/R_{qs} = 2 \cdot 10^{-3}$.

Отсюда заключаем, что роль внутреннего трения в кристаллах пьезокварца незначительна.

Всесоюзный научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений

Поступило 28 IX 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] R. Günter, Electr. Nach. Techn., № 2 (1939). [2] Б. К. Шембель, Тр ВНИИМ, в. 2 (1948). [3] Д. Д. Иваненко, А. А. Соколов, Классическая теория поля, 1952. [4] А. Ф. Плонский, А. Г. Смагин, Б. К. Шембель, Измерит техн., № 3 (1956). [5] А. Г. Смагин, А. Ф. Плонский, Б. К. Шембель Тр. ВНИИМ (1956). [6] K. S. Van Dyke, Proc. Inst. Rad. Eng., 23, № 4, 386 (1935) [7] W. P. Mason, Bell Syst. Techn. J., July 1934.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ХИМИЯ

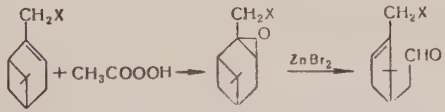
Академик Б. А. АРБУЗОВ и В. А. ФРИНОВСКАЯ

ОКИСИ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ α-ПИНЕНА И ИХ ИЗОМЕРИЗАЦИЯ

В ряде предыдущих работ было установлено, что окись α-пинена и других бициклических терпенов под влиянием различных реагентов претерпевает сложные превращения. Так, под влиянием бромистого цинка и некоторых других катализаторов окись α-пинена превращается в изомерный ей мирфоленовый альдегид. Такая изомеризация сопровождается глубокой перестройкой первоначального скелета окиси α-пинена ([1-2]). Еще ранее было найдено ([3]), что окись циклогексена легко изомеризуется в циклопентанальдегид.

В работе Б. А. Арбузова, З. Г. Исаевой и Е. Г. Катаева ([4]) было показано, что введение в ядро окиси циклогексена некоторых заместителей настолько увеличивает устойчивость окиси, что изомеризовать указанные производные не удалось. С этой точки зрения представлялось интересным получить окиси различных производных α-пинена и изучить их способность к изомеризациям.

Нами были синтезированы — окислением гидроперекисью ацетила соответствующих производных α-пинена — окиси, содержащие миртенильный радикал, и проведены реакции их изомеризации под влиянием хлористого цинка:



где X = OCH_3, OC_3H_7-*изо*, OC_4H_9, OC_4H_9-*изо*, Cl, $OCOCH_3$, C_2H_5, C_3H_7-*изо*, OH.

Производные α-пинена получались из хлористого миртенила действием соответствующих реагентов. Константы не описанных в литературе прозвод-

Таблица 1

Т. кип. в °С	Давл. в мм	d_0^{20}	n_D^{20}	MR_D выч.	MR_D найд.	С % выч.	С % найд.	Н % выч.	Н % найд.	Выход в %
105—106	15	0,9217	1,4710	59,49	58,90	80,41	80,02	11,34	10,90	29,5
104—105	10	0,9046	1,4670	64,10	63,80	80,76	80,57	11,54	11,57	14,0
115—117	12	0,9025	1,4659	64,10	63,72	80,76	80,38	11,54	11,53	24,0

Примечание.

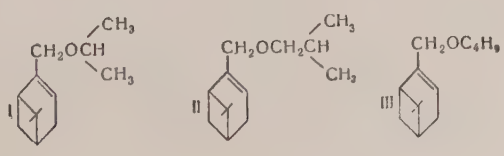


Таблица 2

№№ формул	Т. кип. в °С	Давл. в мм	d_0^{20}	n_D^{20}	MR_D выч.	MR_D найд.	С % выч.	С % найд.	Н % выч.	Н % найд.	Выход в %
I	70—72	7	0,9616	1,4810	53,14	53,22	80,00	79,90	10,55	10,30	44,
II	122—124	8	0,9361	1,4710	57,75	57,90	80,41	80,28	11,34	11,74	72,
III	87—90	2	1,1086	1,4980	48,77	49,29	64,34	63,74	8,04	8,57	29,
IV	98—104	6	1,0788	1,4900	45,34	45,06	74,44	74,07	9,52	9,70	56,
V	112—114	6	1,0841	1,4785	54,79	54,87	68,57	68,06	8,57	8,81	40,
VI	75—76	4	1,0240	1,4770	50,16	50,22	72,52	72,05	9,89	9,67	49,
VII	108—110	10	1,0197	1,4828	59,40	58,85	74,28	73,86	10,47	10,62	44,
VIII	108—110	16	0,9726	1,4660	64,02	63,78	75,04	74,67	10,71	10,87	36,
IX	110—114	20	0,9784	1,4740	64,02	64,35	75,04	74,53	10,71	10,76	28,

Примечание.

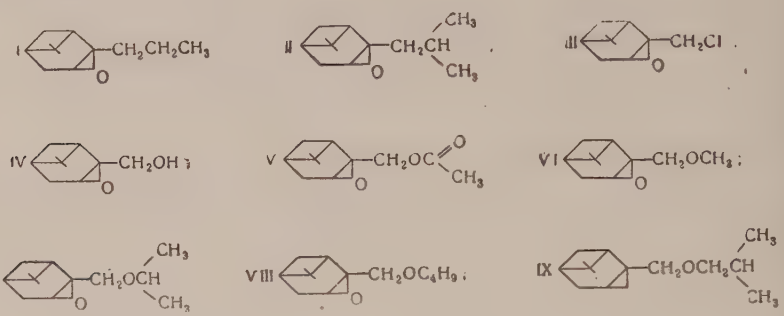


Таблица 3

№№ формул	Т. кип. °С	Давл. в мм	d_0^{20}	n_D^{20}	MR_D выч.	MR_D найд.	С % выч.	С % найд.	Н % выч.	Н % найд.	Выход в %
I	112—114	8	0,9098	1,4745	59,58	59,87	80,41	79,81	11,34	10,88	29,6
II	92—95	6	0,9926	1,4806	51,98	52,08	72,52	72,90	9,89	9,71	29,2
III	102—104	2	1,0600	1,4820	56,61	56,52	68,54	68,41	8,62	8,66	25,2
IV	104—106	9	1,0912	1,5086	50,59	50,66	64,34	64,90	8,04	7,81	29,0

Примечание.

ных приведены в табл. 1. Свойства полученных нами окисей, не описанны в литературе, приведены в табл. 2. Некоторые из полученных окисей подве гались реакции изомеризации. Изомеризация полученных окисей провод лась в присутствии хлористого цинка как катализатора. В результате был выделены соответствующие производные камфоленового альдегида. Свойст полученных производных камфоленового альдегида представлены в табл.

Строение полученных производных камфоленового альдегида доказыв лось их физическими свойствами (MR_D), определением наличия двойной св зи и окислением окисью серебра в соответствующую замещенную камфол новую кислоту. Замещенные камфоленовые кислоты анализировали в виде их серебряных солей.

Как видно из приведенных данных, изомеризация изученных производ-
х окиси α-пинена происходит аналогично изомеризации окиси α-пинена
приводит к получению замещенных камфоленового альдегида. Изомери-
ция происходит менее гладко, и выход соответствующих замещенных
оизводных камфоленового альдегида составляет 25—30%.

Научно-исследовательский химический институт
им. А. М. Бутлерова
при Казанском государственном университете
им. В. И. Ульянова-Ленина

Поступило
13 X 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Б. А. Арбузов, Исследования в области изомерных превращений бициклических
ленов, Диссертация, Казань, 1936, стр. 149. [2] Б. А. Арбузов, З. Г. Исаева,
ЖХ, 19, 884 (1949). [3] P. Bedos, C. R., 189, 255 (1929). [4] Б. А. Арбузов,
Г. Исаева, Е. Г. Катаев, Уч. зап. Казанск. гос. унив., в. I (1950).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ХИМИЯ

О. П. ГОЛОВА, А. М. ПАХОМОВ и Е. А. АНДРИЕВСКАЯ

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СВЯЗИ СТРУКТУРЫ ПОЛИСАХАРИДОВ (ЦЕЛЛЮЛОЗЫ) С НАПРАВЛЕНИЕМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ИХ ТЕРМОРАСПАДЕ

(Представлено академиком В. А. Каргиным 18 VII 1956)

В настоящей работе мы поставили себе задачу изучить влияние структуры целлюлозы на химические процессы, протекающие в результате превращений ее молекулы при термическом распаде в вакууме. Исследование термического распада целлюлозы в вакууме мы проводили в основном по методу Пиктэ ([1]) и Веина ([2]), несколько усовершенствованному нами.

Изучение направленности химических процессов при термическом распаде целлюлозы в зависимости от физической структуры (плотность упаковки) осуществлялось нами путем определения количества получающегося в этом процессе 1,6-ангидро-1,5-глюкопиранозы (левоглюкозана). Это соединение сохраняет брутто-формулу элементарного звена целлюлозы, но имеет иное положение гидроксила и кислородного мостика. Следовательно количественный выход левоглюкозана при термораспаде макромолекулы целлюлозы требует сохранности ее элементарного звена. Исходя из этого, мы предположили, что при условии сохранения функциональных групп элементарного звена целлюлозы можно иметь постоянный выход левоглюкозана в стандартных условиях термораспада в вакууме, по какой бы химической схеме он ни получался, т. е. через стадию гидролиза целлюлозы ([3,4]) или по другим схемам. Количество получающегося левоглюкозана прямо указывает на направление химических процессов, протекающих при термораспаде целлюлозы.

Хорошо известно, что препараты целлюлозы, одинаковые по рентгеноструктурному анализу, могут быть весьма различными по структуре, характеризуемой различной энергией связи, вызванной отличным взаимным расположением молекул, условно называемым плотностью упаковки полимера. Структурные изменения, связанные с нарушением межмолекулярных связей, поддаются пока лишь суммарным количественным характеристикам. Для этой цели используются калориметрия, сорбция, гидролизуемость препарата, спектральный анализ (в инфракрасной области) и др. Метод сорбции и гидролизуемости мы и применили для выяснения влияния изменения структуры целлюлозных препаратов.

Для получения целлюлоз с различной структурной модификацией (химически идентичного состава) нами была взята как исходный препарат хлопковая целлюлоза, полученная по стандартному методу Корея и Грея ([5]), но с последующим слабым кислым гидролизом. Для получения целлюлоз с измененной структурой мы подвергали ее различным обработкам: исходный препарат растворялся в медно-аммиачном растворе в условиях максимального исключения процессов окисления, затем выделялся из раствора в виде тонкого порошка (согласно методике, описанной нами ранее ([6])).

Второй путь получения целлюлозы с измененной структурой заключался в обработке исходного препарата 10%-й NaOH при 0° в течение 1 часа с последующим удалением щелочи и сушкой на воздухе. Как известно, при этой обработке наблюдается максимальное набухание волокна, растворение

зкомолекулярных фракций, а также растворение целлюлозы с наиболее зрежденными функциональными группами. В качестве препаратов плюлозы с наиболее измененной упаковкой были взяты гидратцеллюзные волокна в двух модификациях: 1) сильно ориентированные волок (вискозный корд) и 2) слабо ориентированные волокна (штапель).

Изменение структуры олученных препаратах ло охарактеризовано годом изотерм сорбции и сорбции (равновесная ажность) и гидролизуестью. Кроме того, ука-ные препараты были арактеризованы по молелярному весу и по изнению функциональных упп элементарного звена. олученная характеристипрепаратов представлев табл. 1 и на рис. 1. Во всех перечисленных епаратах содержание рбонильных и карбоильных групп было очень значительным, т. е. элеентарное звено макромокулы целлюлозы было актически не изменено. Количество образовавегося левоглюкозана, олучающегося в твердом стилляте ([7], [8]), мы оценивали по приросту редуцирующих веществ. отдельных опытах было проведено выделение левоглюкозана в виде криаллического продукта, который был охарактеризован по углу вращения и мпературе плавления, а также по свойствам производного. Полученные арактеристики отвечали литературным данным. На основании проведенго исследования считаем возможным сделать следующие выводы: изменее структуры целлюлозы, характеризуемое нами по гидролизуемости и по

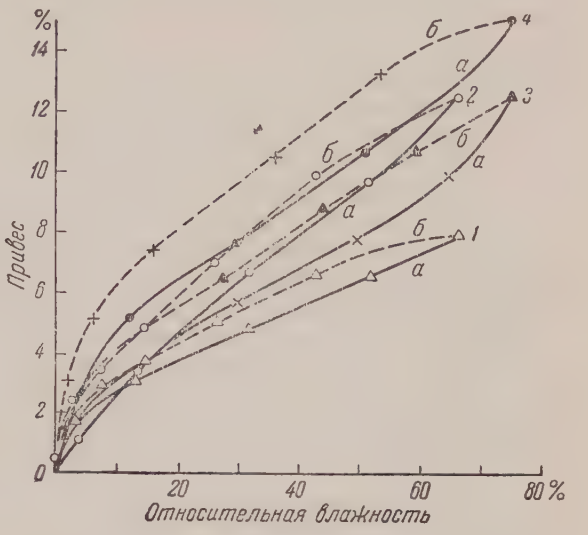


Рис. 1. Изотермы сорбции и десорбции волокна при 20°: *1* — хлопок исходный, *2* — целлюлоза, переосажденная из медноаммиачного раствора, *3* — хлопок, обработанный 10% раствором NaOH, *4* — вискозное штапельное волокно; *а* — сорбция, *б* — десорбция

Таблица 1

Характеристика целлюлозных препаратов с различной структурой

№№ препаратов	Метод обработки целлюлозы	Общий вид целлюлозы	Свойства целлюлозы				Выход левоглюкозана в %
			степень полимеризации	содержание карбоксильных групп в %	содержание карбонильных групп в %	гидролизуемость образца	
1	Хлопковая целлюлоза, обработанная по Корею и Грею ([5]) и 1% H_2SO_4 в течение 5 мин. при 100°	Нормальная волокнистая структура	1000	0,04	0,51	5,21	60—63
2	Целлюлоза № 1, растворенная в медно-аммиачном растворе и выделенная в виде гидратцеллюлозы	Тонкий порошок	1000	0,11	0,073	10,76	14—15
3	Целлюлоза № 1, обработанная 10 % NaOH при 0° в течение 1 часа	Нормальная волокнистая структура	1200	0,013	0,07	9,55	36—37
4	Гидратцеллюлозное волокно без дополнительной ориентации		380	0,03	0,14	23,5	4,0—4,5
5	Гидратцеллюлозное волокно в виде вискозного шелка с максимальной ориентацией		400	0,065	0,17	23,2	4,8—5,0

сорбции, резко меняет направление химических процессов при термическ распаде целлюлозы. С повышением гидролизуемости образца целлюлозы сорбции воды и расширением петли гистерезиса выход левоглюкозана п нижается (ср. табл. 1). Например, для препарата исходного хлопково волокна гидролизуемость составила 5 единиц, равновесная влажность бы минимальная (кривая *1*), выход левоглюкозана составлял ~60% от веса це люлозы. Для препаратов № 4 и № 5 гидролизуемость была 23,5 и 23,2 едини и соответственно увеличивалась равновесная влажность (рис. 1, *4*); пр этом выход левоглюкозана составлял всего 4—5%. Препарат № 2 имеет н измененный молекулярный вес по сравнению с исходным образцом, а такя неизмененные функциональные группы элементарного звена, но вследстви изменения структуры (кривая *2*, гидролизуемость 10,8). Этот препарат да всего лишь 14% левоглюкозана. Препарат № 3, вследствие примененны условий получения был освобожден от низкомолекулярных фракций це люлозы, практически не содержал карбоксильных групп, но вследстви изменения структуры, характеризуемой гидролизуемостью 9,5 и повышен ной равновесной влажностью, выход левоглюкозана составлял всего 36 от исходного препарата (кривая *3*). Специально следует обратить внимани на то, что обе модификации гидратцеллюлозного волокна, обладающие ра личной степенью ориентации, как известно, имеют близкие изотермы сорб ции ([9], [10]) и гидролизуемости ([11]). Таким образом, выход левоглюкозана н может быть компенсирован повышением степени ориентации цепей в гидрат целлюлозе. Отсутствие положительного влияния степени ориентации во локна на выход левоглюкозана, по-видимому, связано с тем обстоятельством что проведенная ориентация не вызывает значительного повышения плот ности упаковки.

Полученные экспериментальные данные показывают, что изменени плотности расположения макромолекул целлюлозы вызывает изменени направления химического процесса терморазпада целлюлозы. Из этих дан ных следует, что рассмотрение химических процессов термического распад целлюлозы только на основе представлений строения индивидуальной мо лекулы полимера явно недостаточно. Для высокомолекулярных соединений следует учитывать межмолекулярные связи, типы связей и их прочность Понижение плотности упаковки макромолекул понижает выход левоглюко зана и увеличивает выход других продуктов глубокого распада целлюлозы Можно полагать, что повышение плотности расположения макромолекул целлюлозы тормозит побочные процессы гидролиза и дегидратации, воз никающие при образовании левоглюкозана.

Таким образом, структура целлюлозы, характеризуемая плотностью упаковки, является одним из основных факторов, определяющих направление химических реакций ее термического распада.

Представляет интерес проследить наличие установленной закономерности при термическом распаде других высокомолекулярных соединений.

Выражаем благодарность Н. В. Михайлову за предоставленную возможность определения кривых сорбции наших препаратов.

Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского
Академии наук СССР

Поступило
6 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] A. Pictet, J. Sarasin, Helv. Chim. Acta, **1**, 87 (1918). [2] H. J. P. Venn, J. Textil. Inst., **15**, 414 (1924). [3] J. C. Irvine, J. W. H. Oldham, J. Soc. Chem. Ind., **119**, 1744 (1921). [4] P. Karrer, Helv. Chim. Acta, **3**, 258 (1920). [5] E. B. Corey, H. le B. Gray, Ind. and Eng. Chem., **16**, 853 (1924). [6] О. П. Голова, Докторская диссертация, ИОХ АН СССР, 1949. [7] A. Wacek, H. Wagner, Österreich. Chem., **40**, № 17, 389 (1937); **40**, № 18, 401 (1937). [8] Д. В. Тищенко, К. Бардышева, Н. Носова, ЖПХ, **9**, 976 (1948). [9] В. А. Каргин, Р. С. Нейман, ЖФХ, **6**, 630 (1939). [10] Х. У. Усманов, Докторская диссертация, Физ.-хим. инст. им. Л. Я. Карпова, 1954. [11] З. А. Роговин, Н. Н. Шорыгина, Химия целлюлозы и ее спутников, 1953, стр. 255.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ХИМИЯ

Ю. А. ЖДАНОВ и Г. Н. ДОРОФЕЕНКО

СИНТЕЗЫ В ОБЛАСТИ С — С-ЗАМЕЩЕННЫХ УГЛЕВОДОВ

(Представлено академиком А. И. Опариным 17 VIII 1956)

Как было установлено (1), наиболее удобным способом синтеза производ- сахаров, в которых углеводный остаток был бы связан прямой углерод- родной связью с аглюконом, является взаимодействие ацетогалогени- сахаров с магнийорганическими соединениями. Этот метод дал удовлетво- льные результаты при синтезе ряда производных глюкозы, галактозы, козы, в молекулы которых были введены разнообразные ради- ы (фенил, тиенил, анизил, толил, дифенил, аллил и др.); некоторые из ученных замещенных были подвергнуты дальнейшим превращениям м введения галоида и нитрогруппы (2–4).

В настоящей работе дается описание синтеза некоторых новых С-производных углеводов. Были получены *о*-толилтетраацетилглюкоза е хлор- и бромзамещенные по фенильному ядру, *о*-хлорметилфенил- аацетилглюкоза, *п*-тетраацетилглюкопиранозилацетофенон, гексахлор- огексилтетраацетилглюкоза (гексахлорановое производное глюкозы), гил-тетраацетилгалактоза.

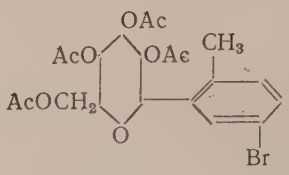
Экспериментальная часть

о-Толилтетраацетилглюкоза. К эфирному раствору *о*-толилмаг- бромида, полученному обычным способом из 3,93 г (0,16 мол.) маг- и 27,4 г (0,16 мол.) *о*-бромтолуола, прибавлялся раствор 5 г (0,014 мол.) тетраацетилглюкозы в абсолютном эфире. Дальнейшая обработка ве- так же, как и при синтезе анизилтетраацетилглюкозы (2). В резуль- получено 2,9 г (50% теории) *о*-толилтетраацетилглюкозы, кристалли- цейся в виде белых игл из изопропилового спирта с т. пл. 130—130,5°. инение растворимо в эфире, спирте, ацетоне, бензоле, нерастворимо де. При деструктивном окислении *о*-толилтетраацетилглюкозы щелоч- перманганатом получена фталевая кислота. Вещество описывается вые.

Найдено %: C 59,60; H 6,20
$C_{21}H_{26}O_9$. Вычислено %: C 59,71; H 6,16

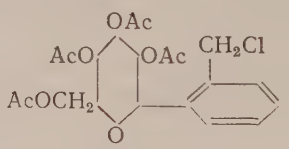
Бромтолилтетраацетилглюкоза. К 0,6 г (0,0014 мол.) илтетраацетилглюкозы, растворенной в 20 мл четыреххлористого рода, было прибавлено 0,48 г (0,003 мол.) брома. Бромирование велось исутствии иода в качестве катализатора. Смесь оставлялась стоять в тем- на 4 часа, а затем выливалась в воду. Слой четыреххлористого угле- промывался водой, слабым раствором щелочи и снова водой, после чего высушен над хлористым кальцием; растворитель отгонялся в вакууме струйного насоса. После отгонки растворителя получено 0,7 г (99% ии) сырой бромтолилтетраацетилглюкозы, которая после перекристал- ции из изопропилового спирта была выделена в виде бесцветных кри- лов с т. пл. 109—110°. Вещество хорошо растворимо в обычных органи- их растворителях, не растворимо в воде и петролейном эфире.

При анализе на галоид в соединении найдено 16,00% брома (вычисл 15,92%). При окислении продукта щелочным перманганатом была пол на 4-бромфталевая кислота с т. пл. 164—165°. Вещество описывается впер на основании условий галоидирования и данных анализа ему сле приписать следующее строение:



Хлортолилтетраацетилглюкоза. 0,7 г (0,0017 м *о*-толилтетраацетилглюкозы растворялось в 15 мл четыреххлористого у рода, к раствору добавлялось 0,28 г хлора в 3,5 мл этого же растворит и немного иода. Смесь оставлялась стоять в темноте в течение часа, а за была обработана по методике, описанной для бромпроизводного тол тетраацетилглюкозы. Было выделено 0,7 г сырого продукта. После пе кристаллизации из изопропилового спирта получены белые криста с т. пл. 116,5—117°. Хлортолилтетраацетилглюкоза хорошо раствор в большинстве органических растворителей и нерастворима в вод петролейном эфире. При анализе найдено 7,86% хлора (вычислено 7,75 При окислении продукта обычным способом получена 4-хлорфтало кислота с т. пл. 157°. Строение соединения аналогично вышеописанн бромпроизводному. Вещество описывается впервые.

о-Хлорметилфенилтетраацетилглюкоза. 0,7 (0,0017 мол.) *о*-толилтетраацетилглюкозы растворялось в 15 мл четырехх ристого углерода и к раствору прибавлялось 0,5 г сухого хлора, раствор ного в 5 мл того же растворителя. Смесь оставлялась стоять в кварцевой суде на солнечном свету в течение 40 мин., затем для удаления хлора и х ристого водорода промывалась слабой щелочью и водой. После высушива над хлористым кальцием растворитель отгонялся в вакууме. Остаток об батывался абсолютным эфиром, который отгонялся. После испарения эф получено 0,65 г (90% теории) бесцветного сиропа. Продукт хорошо раст рим в органических растворителях. Хлор, связанный с бензильным ради лом, очень подвижен и количественно отщепляется при кипячении с нит том серебра в метаноле. При анализе найдено 7,95% хлора (вычисл 7,75%). Вещество описывается впервые. Оно имеет следующее строение



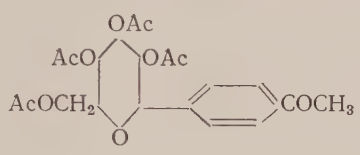
Нафтилтетраацетилгалактоза*. К эфирному раств α-нафтилмагнийбромида, полученному из 3,93 г (0,16 мол.) магния и 33 (0,16 мол.) α-бромнафталина в 70 мл абсолютного эфира, был прибав раствор 5 г (0,014 мол.) хлортетраацетилгалактозы в 80 мл абсолютного э ра. Дальнейшая обработка велась обычным способом. После перекрист лизации из изопропилового спирта получены прекрасные белые криста α-нафтилтетраацетилгалактозы с т. пл. 143—144°. После окисления ве ства щелочным перманганатом получена α-нафтойная кислота. Вещество о сывается впервые.

Найдено %: C 62,75; H 5,66
$C_{24}H_{26}O_9$. Вычислено %: C 62,89; H 5,89

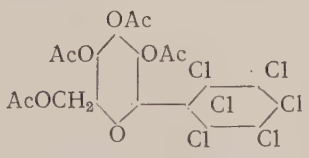
* Вещество получено совместно с В. А. Монаковым.

α-Тетраацетилглюкопиранозилацетофенон. В бу с обратным холодильником и капельной воронкой помещалось 2,5 г 06 мол.) фенилтетраацетилглюкозы и 30 мл петролейного эфира. К по-енной суспензии прибавлялось 3,4 г безводного хлористого алюминия ри перемешивании по каплям приливался раствор 1,5 (0,012 мол.) бро-того ацетила в 5 мл петролейного эфира. Реакционная смесь перемеши-ась в течение 30 мин. на холоду, а затем нагревалась 15 мин. до кипения одяной бане. Для растворения выпавшего липкого осадка было добав-о 30 мл дихлорэтана, после чего нагревание продолжалось еще полчаса. сь была вылита в 150 мл воды, подкисленной 3 мл соляной кислоты. анический слой отделялся, промывался водой и раствором бикарбоната рия, после чего был высушен над хлористым кальцием. Растворитель нялся в вакууме. Остаток был растворен в теплом эфире, обесцвечен м. После отгонки эфира получена смесь жидкого сиропа с кристал-еским веществом. Последнее было отделено, перекристаллизовано из ропилового спирта и оказалось непрореагировавшей фенилтетрааце-глюкозой.

Фильтрат в количестве 1,3 г представлял собой желтоватый сироп с ха-терным запахом ацетофенона. Он растворим в органических раствори-х, нерастворим в воде и петролейном эфире. С солянокислым 2,4-ди-рофенилгидразином легко образует бордово-красный гидразон, ко-ый нечетко плавится при 68—70°. При деструктивном окислении про-та щелочным перманганатом была получена терефталевая кислота, что зывает на следующее строение вещества:



Гексахлорциклогексилтетраацетилглюкоза. (0,0024 мол.) фенилтетраацетилглюкозы растворялся в 20 мл четырех-ристого углерода и в раствор пропускался ток сухого хлора до увеличения на 0,9 г (0,012 мол.). Реакционная смесь, помещенная в кварцевую бу, выставлялась на прямой солнечный свет и выдерживалась 45 мин. твор освобождался от хлористого водорода и хлора промыванием слабой очью и водой, высушивался, после чего отгонялся растворитель. Был чен в количестве 1,45 г (95% теории) некристаллизующийся желтова-сироп, имеющий резкий терпеновый запах. При анализе в нем найдено 6% хлора (вычислено 34,29%). При продолжительном стоянии продукт еет и разлагается с выделением хлористого водорода. Вещество полу-впервые, оно представляет собой смесь стереоизомеров следующего ения:



остовский на Дону государственный университет им. В. М. Молотова

Поступило
14 VIII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

C. D. Hurd, W. A. Bonner, J. Am. Chem. Soc., 67, 1972 (1945).
А. Жданов, Л. И. Щербакова, Т. Н. Егорова, ДАН, 83, № 3, 403
[3] Ю. А. Жданов, Л. И. Щербакова, ДАН, 90, № 2, 185 (1953).
А. Жданов, Л. И. Щербакова, Р. В. Головня, ДАН, 107, № 2, 259

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ХИМ

Член-корреспондент АН СССР В. В. КОРШАК, А. М. ПОЛЯКОВА,
член-корреспондент АН СССР А. Д. ПЕТРОВ и В. Ф. МИРОНОВ

ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ НЕПРЕДЕЛЬНЫХ ГЕРМАНИЙОРГАНИЧЕСКИ СОЕДИНЕНИЙ

Полимеризация непредельных органических соединений, содержащ элементы IV группы, еще мало изучена. Наиболее полно, хотя еще не статочно, исследована способность к полимеризации кремнеолефин Ранее ([1–3]) нами опубликованы результаты исследования полимеризаци сополимеризации алкенилсиланов различного строения.

Настоящее исследование посвящено изучению способности к полимер зации непредельных соединений германия. В литературе нет каких-л сведений о синтезе и полимеризации непредельных германийорганическ соединений.

Нами изучалась способность к полимеризации моно-, ди- и три-алл германиев и их сополимеризации с метилметакрилатом.

В стандартных условиях, описанных нами в предыдущих статьях (давлением 6000 атм. при 120°, в присутствии перекиси третичного бутил было подвергнуто полимеризации и сополимеризации 5 мономеров алк аллилгерманов. Результаты исследования, представленные в табл. 1 и

Таблица

Мономер				Продукты реакции полимеризации				
формула	т. кип.	n_D^{20}	d_4^{20}	характер полученного продукта	молек. вес (средн.)	коэфф. полимеризации	выход полимера в %	Примеч
$(CH_3)_3GeCH_2-CH=CH_2$	101°/764 мм	1,4333	0,9952	бесцветное масло	560	3,5	34,0	
$(C_2H_5)_3GeCH_2-CH=CH_2$	180/732	1,4594	1,0004	то же	78°	3,9	64,4	
$(CH_3)_3GeCH_2-C(CH_3)=CH_2$	121/733	1,4416	0,9908	не полимеризуется				
$(CH_3)_2Ge(CH_2-CH=CH_2)_2$	146/737	1,4645	1,0337	бесцветная гибкая масса	трехмер		~100	
$CH_3Ge(CH_2-CH=CH_2)_3$	190/747	1,4867	1,0222	бесцветное прозрачное стекло	трехмер		~100	
$CH_3Ge(CH_2-CH=CH_2)_3$	190/747	1,4867	1,0222	бесцветное густое масло	780	3,7	38,6	Опыт водил без пр нения лени

показывают, что аллильные соединения германия по своей способно к полимеризации мало отличаются от аналогичных соединений кремн

Триалкилаллилгермании $R_3GeCH_2-CH=CH_2$, где $R = CH_3$ и C_2 образуют маслообразные полимеры, в то время как диметилдиаллилгер ний и метилтриаллилгерманий полимеризуются в трехмеры, имеющие прозрачных стекол.

Таблица 2

Сополимеризация триалкилаллил-(металлил) германиев с метилметакрилатом

Состав реакционной смеси			Продукты сополимеризации						
				элементарный состав в %					
				найдено			вычислено по % Ge		
номер алкенилгермания (формула)	соотношение алкенилгерманий и ММА* в мол.	концентрация инициатора в мол. %	$[\eta]$	C	H	Ge	C	H	$\frac{n}{m}$
	0:1	1,80	1,83						
$(CH_3)_3GeCH_2-CH=CH_2$	1:2,7	1,80	1,74	58,69 58,87	8,38 8,39	4,79 4,69	59,17	8,33	13
$(C_2H_5)_3GeCH_2-CH=CH_2$	1:2,44	1,90	1,54	59,23 59,17	7,98 7,97	1,40 1,26	59,58	8,09	53
$(CH_3)_3GeCH_2-C=CH_2$ CH_3	1:4,0	1,90	0,94	55,98 56,01	7,62 7,63	1,39 1,64	59,59	8,11	46

* ММА — метилметакрилат.

Триэтилаллилгерманий, подобно соответствующим алкенилсиланам, проявляет несколько большую склонность к полимеризации по сравнению триметилаллилгерманием. Триметилметаллилгерманий практически не полимеризуется. Меньшая склонность к полимеризации соединений, содержащих металлильные радикалы, наблюдалась нами и в случае кремнеолефинов. Моноалкенилгермании способны вступать в реакцию сополимеризации. Все исследованные нами мономеры образовали сополимеры с метилметакрилатом. Из данных измерения вязкости $[\eta]$ растворов сополимеров следует (как видно из табл. 2 и рис. 1), что введение в макромолекулу метилметакрилата звеньев алкенилгермания снижает вязкость, а следовательно — и молекулярный вес. Наименьшей вязкостью обладает раствор сополимера триметилметаллилсилана, который не способен к гомополимеризации в этих условиях.

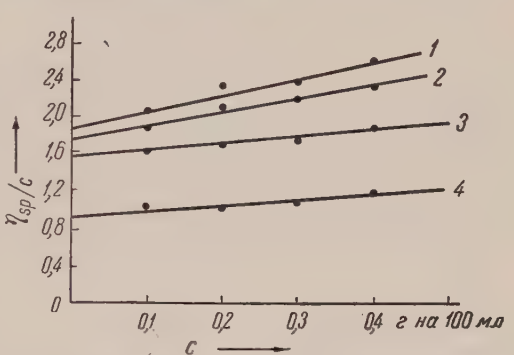


Рис. 1. Зависимость η_{sp}/c от c для метилметакрилата и его сополимеров с алкенилгерманиями: *1* — метилметакрилат, *2* — сополимер с $(C_2H_5)_3GeCH_2-CH=CH_2$, *3* — сополимер с $(CH_3)_3GeCH_2-CH=CH_2$, *4* — сополимер с $(CH_3)_3GeCH_2-C(CH_3)=CH_2$

Исследование термомеханических кривых сжатия полученных полимеров показало, что гомополимеры диметилди- и метилтриаллилгерманиев являются трехмерами; они так же, как и соответствующие кремнеолефины, не проявляют текучести и термически стойки до температуры 250°.

Сополимеры же моноалкенилгерманиев с метилметакрилатом представляют собой линейные полимеры; при определенных температурах они переходят из стеклообразного в высокоэластичное состояние и далее в вязко-текучее состояние.

Экспериментальная часть

Техника исследования полимеризации под давлением описана нами ранее[1]). В настоящем исследовании полимеризация проводилась под давлением 6000 атм при 120°, в присутствии инициатора полимеризации — пере-

киси третичного бутила — в количестве 1 мол. % при получении гомопо
меров и 1,8—1,9 мол. % в случае сополимеров. Продолжительность нагре
ния 6 часов. Для сравнения были проведены опыты и без применения д
ления.

Жидкие продукты реакции очищались путем удаления мономера в
кууме. Твердые полимеры переосаждались из хлороформа метиловым сп
том. Молекулярный вес жидких (низкомолекулярных) полимеров опре
лялся криоскопическим методом с применением в качестве растворите
бензола. В случае твердых продуктов полимеризации измерялась относите
ная вязкость η_r их растворов в хлороформе при 25° в вискозиметре Оства
да. Из зависимости η_{sp}/c от c графически определялись величины характер
стической вязкости ($[\eta]$) (см. рис. 1).

Состав сополимеров $\frac{n}{m}$, где n — число остатков метилметакрилата и m
число остатков алкенилгерманиев, определялся по содержанию германия
рассчитывался по формуле, приведенной нами ранее ([3]). Полученные данн
представлены в табл. 1 и 2 и на рис. 1.

Определение термомеханических свойств полимеров проводилось в ла
ратории исследования полимеров под руководством Г. Л. Слонимского,
что выражаем ему глубокую благодарность.

Институт элементоорганических соединений
и Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского
Академии наук СССР

Поступило
30 VIII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. Д. Петров, А. М. Полякова, А. А. Сахарова, В. В. Корша
В. Ф. Миронов, Г. И. Никишин, ДАН, 99, № 5, 785 (1954). [2] В. В. Корша
А. Д. Петров, Н. Г. Матвеева, В. Ф. Миронов, Г. И. Никиши
С. И. Садых-Заде, ЖОХ, 26, 1209 (1956). [3] А. М. Полякова, В. В. Ко
шак, А. А. Сахарова, А. Д. Петров, В. Ф. Миронов, Г. И. Никиши
Изв. АН СССР, ОХН, 1956, № 8, 979.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ХИМИЯ

кадемик А. Н. НЕСМЕЯНОВ, Э. Г. ПЕРЕВАЛОВА и З. А. БЕЙНОРАВИЧУТЕ

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФЕРРОЦЕНКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

З наших предыдущих работах [1] было показано, что ферроцен металуется бутиллитием, давая смесь моно- и дилитиевых производных, обращих при карбоксилировании смесь ферроценмонокарбоновой и ферроцикарбоновой кислот.

З настоящей работе ферроценилитий и ферроценкарбоновые кислоты ользованы для получения некоторых других производных ферроцена оказано, что ферроцен легко металлируется фенилнатрием [2], давая ле карбоксилирования ферроцендикарбоновую кислоту с выходом 42%. К фенилнатрию, полученному в бензоле из 10 г натрия и 21 г хлорбен- [3], прибавляется 18,6 г ферроцена. Смесь оставляется на ночь, затем евается до кипения при перемешивании в течение 8 часов и выливается ердую углекислоту. Бензойная кислота отгоняется с водяным паром. ушенная на воздухе ферроцендикарбоновая кислота дважды обрабается горячим бензолом для удаления образующейся в незначительном ичестве ферроценмонокарбоновой кислоты. 55% ферроцена возвращается изменения. Выход ферроцендикарбоновой кислоты — 42% от теоретиого и 94% — от вступившего в реакцию ферроцена.

Метиловый эфир ферроцендикарбоновой кислоты легко восстанавливается $LiAlH_4$ не только до соответствующего спирта, но и до диметилферроцена. ди(оксиметил)ферроцен получен при нагревании в течение двух в эфирного раствора метилового эфира ферроцендикарбоновой кислоты) с избытком литий-алюминийгидрида $LiAlH_4$ был получен из 0,6 г и 5 г $AlBr_3$. Выход ди(оксиметил)ферроцена 92% от теоретического, л. 85—86°, кристаллизуется из спирта и из смеси эфира с петролейным ром.

Найдено %: C 58,66; 58,73; H 5,89; 5,81; Fe 22,39
$C_{12}H_{14}O_2Fe$. Вычислено %: C 58,56; H 5,73; Fe 22,69

ри трехчасовом нагревании метилового эфира ферроцендикарбоновой ноты с удвоенным по сравнению с указанным выше количеством $LiAlH_4$ учен 1,1′-диметилферроцен (выход 89%, т. пл. 29—30°) прекрасно расряется в органических растворителях, кристаллизуется при охлаждении –10° из спирта и смеси петролейного эфира с эфиром.

Найдено %: C 67,53; 67,70; H 6,89; 6,81; Fe 25,73; 25,36
$C_{12}H_{14}Fe$. Вычислено %: C 67,31; H 6,59; Fe 26,08

При восстановлении литий-алюминийгидридом метилового эфира роценмонокарбоновой кислоты получен ферроценилкарбинол, выход , т. пл. 74—75°, очищен с помощью хроматографической адсорбции на си алюминия, кристаллизуется из спирта и смеси эфира с петролейным ром.

Найдено %: C 61.61; 61,66; H 6,09; 5,83; Fe 25,67; 25,46
$C_{11}H_{12}OFe$. Вычислено %: C 61,19; H 5,60; Fe 25,84

Литий-алюминийгидрид чрезвычайно легко восстанавливает спи ферроценового ряда. Так 1,1′-ди(дифенилоксиметил)ферроцен при вос новлении $LiAlH_4$ дает с 87%-м выходом 1,1′-дибензгидрилферроцен, ра описанный Паузоном (4). Дибензгидрилферроцен хорошо крис лизуется из бензола, т. пл. 161—162°. Литературные данные т. пл. 162—163°.

Найдено %: C 83,43; 83,30; H 6,01; 6,11; Fe 11,17; 11,20
$C_{36}H_{30}Fe$. Вычислено %: C 83,39; H 5,79; Fe 10,81

Ди(дифенилоксиметил)ферроцен был получен нами с выходом 51% взаимодействии метилового эфира ферроцендикарбоновой кислоты с бро стым фенилмагнием, а также при действии бензофенона на дилитийферро выход в последнем случае небольшой, т. пл. 179—180°. Оба вещества ид тичны между собой и с ди(дифенилоксиметил)ферроценом, получен при взаимодействии дибензоилферроцена с бромистым фенилмагни описанным Римшнайдером и Хельмом (5). Литературные данные (5): т. 179—181°.

Найдено %: C 78,53; 78,45; H 5,66; 5,91; Fe 10,30;10,55
$C_{36}H_{30}O_2Fe$. Вычислено %: C 78,54; H 5,45; Fe 10,18

1,1-дибензоилферроцен при восстановлении $LiAlH_4$ в условиях, в котор обычно получаются спирты, дал дибензилферроцен, описанный ранее оды из нас и Н. А. Волькенау (6). Выход 87%.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
3 IX 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. Н. Несмеянов, Э. Г. Перевалова, Р. В. Головня, О. А. Несме нова, ДАН, 97, 459 (1954). [2] A. N. Nesmeianov, Substitution in Ferrozen-K Congress Handbook. XIV^th Internatinal congress of pure and applied chemistry. Zuri 1955, p. 193. [3] К. А. Кочешков, Т. А. Талалаева, Синтетические мет в области металлоорганических соединений, 1, 1949, стр. 168. [4] P. L. Pauson, Am. Chem. Soc., 76, 2187 (1954). [5] R. Riemschneider, D. Helm, Ber., 155 (1956). [6] А. Н. Несмеянов, Н. А. Волькенау, ДАН, 107, 262 (19

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ХИМИЯ

В. В. ПЕРЕКАЛИН и А. С. ПОЛЯНСКАЯ

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НИТРООЛЕФИНОВ И СОЕДИНЕНИЙ С АКТИВНЫМИ МЕТИЛЬНЫМИ ГРУППАМИ

(Представлено академиком И. Н. Назаровым 24 XI 1956)

Ранее одним из нас было показано, что нитроолефины (нитростирол) присутствии основных катализаторов успешно конденсируются с веще-твами, содержащими подвижные атомы водорода в метиленовых группах малоновый и ацетоуксусный эфир, ацетил- и бензоилацетон) ([1–3]).

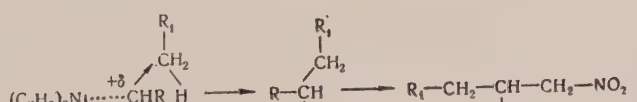
Представлялось интересным распространить эту реакцию на соединения подвижными водородными атомами в метильных группах. Взаимодейст-ие этих веществ с катионоидными реагентами — альдегидами, нитрозо-диазосоединениями — давно и хорошо изучено, реакции же с нитроле-инами описаны весьма скупо ([4,5]).

Нами было впервые осуществлено взаимодействие нитроолефинов али-атического, ароматического и гетероциклического рядов (нитроизогекси-ена, нитростирола и фурилнитроэтилена) с активными метильными компо-ентами: тринитротолуолом, мезометилакридином, иодметилатами хиналь-ина и метилбензтиазола.

Синтез протекал при нагревании равномолекулярных количеств веществ среде органических растворителей в присутствии основных катализато-ов; наилучшие выходы достигались обычно в присутствии триэтиламина. В отдельных случаях реакция наступала мгновенно при прибавлении сле-ов катализатора к расплаву компонентов (конденсация нитростирола с три-итротолуолом, выход 70%). Условия реакции и результаты анализов син-езированных веществ приведены в табл. 1—2.

Продукты конденсации при восстановлении и нагревании с соляной ки-лотой превращались в соответствующие амины и карбоновые кислоты.

Можно предположить, что механизм реакции заключается в образовании реакционного комплекса, который превращается в конечный продукт в ре-ультате присоединения метильной компоненты в положения 1—4 к нитро-олефину. Метильная группа метильной компоненты активна вследствие со-пряжения с электронофильными группами (π-, σ-сопряжение), а реакцион-ость нитроолефина повышена благодаря закреплению его электронного робела катализатором.



де R — алкил, арил, гетероцикл, R_1— электронофильный остаток, сопря-кенный с метильной группой.

Таблица 1

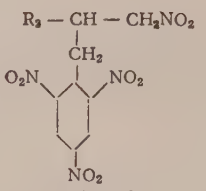
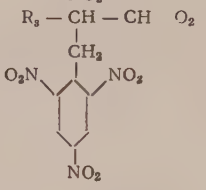
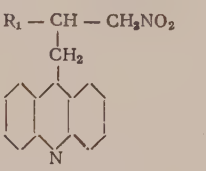
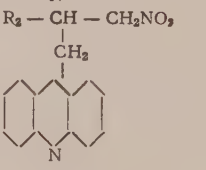
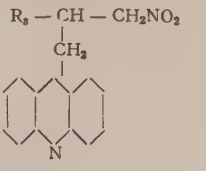
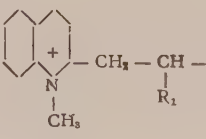
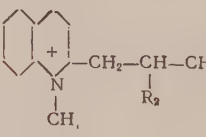
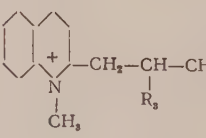
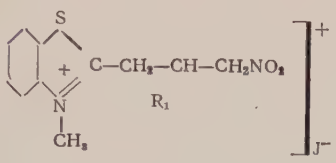
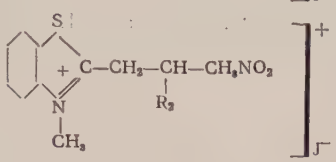
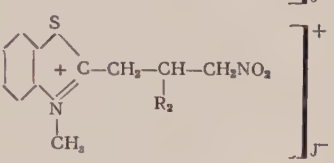
Исходные вещества		№ №	Конечные продукты	Растворитель	Катализатор	Температура, °С	Продолжит. реакции, час.	Выход, % теории
Тринитротолуол	Нитростирол	I		расплав	тэа*	~50	7	70
	Фурилнитроэтилен	II		бензол	тэа	20	24	63,4
Мезометилакридин	Нитроизогексилен	III		метанол	тэа	кип.	5	53,5
	Нитростирол	IV		бензол	пиридин	кип.	5	56,5
	Фурилнитроэтилен	V		бензол	тэа	кип.	8	69,5
Иодметилат хинальдина	Нитроизогексилен	VI		метанол	тэа	40	5	62,7
	Нитростирол	VII		бензол	тэа	кип.	8	96
	Фурилнитроэтилен	VIII		бензол	тэа	кип.	1	84

Таблица 1 (продолжение)

Исходные вещества	№ №	Конечные продукты	Растворитель	Катализатор	Температура, °С	Продолжит. реакции, час	Выход, % теории
Нитроизогексилен	IX		метанол	тэа	кип.	4	59,5
Нитростирол	X		метанол	тэа	кип.	4	52,3
Фурилнитроэтилен	XI		бензол	тэа	кип.	4	86,0

* тэа — триэтиламин.

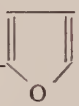
Примечание. $R_1 — CH_2 — CH — (CH_3)_2$; $R_2 — C_6H_5$; R_3 — 

Таблица 2

	Т. пл., °С	Найдено, %					Вычислено, %					Мол. вес	
		C	H	N	S	I	C	H	N	S	I	найд.	вычисл.
I	162,5 (бензол)	47,67 47,98	3,36 3,29	14,79 15,00	—	—	47,90	3,21	14,89	—	—	388 371	— 376,1
II	137—138 (бензол)	43,06 43,11	2,76 3,02	15,00 15,09	—	—	42,91	2,75	15,3	—	—	399 396	366,2
II	148—149 (этанол)	74,39 74,63	7,02 7,14	8,67 8,69	—	—	74,57	6,87	8,68	—	—	328 322	322,41
V	164,6 (дихлорэтан)	77,31 77,47	5,56 5,67	8,27 8,37	—	—	77,19	5,3	8,18	—	—	358 358	342,3
V	166—166,5 (бензол)	72,11 72,15	4,82 5,02	8,44 8,38	—	—	72,27	4,88	8,42	—	—	338 364	332,4
VI	178 (метанол)	49,71 49,54	5,74 5,67	6,74 6,47	—	30,68 30,61	49,29	5,59	6,75	—	30,64	—	—
II	174,5 (метанол)	52,82 52,63	4,57 4,54	6,40 6,66	—	29,15 29,54	52,57	4,41	6,49	—	29,23	—	—
II	161 (этанол)	48,06 47,89	4,26 4,36	6,41 6,54	—	—	48,14	4,04	6,60	—	29,92	—	—
X	153 (этанол)	42,83 42,99	5,65 5,35	6,82 6,78	—	30,04 30,09	42,87	5,03	6,66	7,63	30,20	—	—
X	171 (метанол)	46,25 46,28	3,84 4,09	6,28 6,38	7,38 7,57	29,14 29,04	46,39	4,12	6,36	7,26	28,83	—	—
XI	163 (метанол)	41,79 42,03	3,48 3,54	6,53 6,35	7,42 6,97	29,60 29,28	41,88	3,51	6,51	7,43	29,50	—	—

Описанная реакция имеет общий характер и открывает путь для введ
ния нитроэтильной группы, связанной с различными алкильными, арил
ными и гетероциклическими остатками, в соединении с активными метил
ными группами. В простейшем случае (при взаимодействии активных метил
ных компонент с нитроэтиленом) эта реакция может быть охарактеризова
как реакция нитроэтилирования.

Поступило
22 III 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. В. Перекалин, А. С. Сопова, ЖОХ, **24**, 513 (1954). [2] В. В. Пер
калин, А. С. Сопова, ДАН, **95**, 993 (1954). [3] В. В. Перекалин, А. С. С
пова, Усп. химии, **24**, 613 (1955). [4] H. B. Hass, E. F. Riley, Chem. Re
32, 414 (1946). [5] A. Lambert, H. Piggott, J. Chem. Soc., **1947**, 1948.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ХИМИЯ

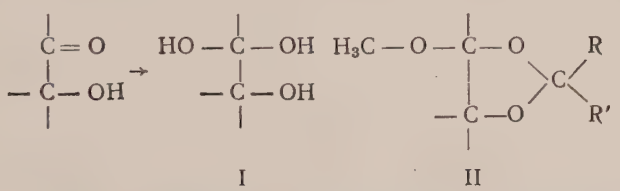
Т. И. ТЕМНИКОВА и Б. А. ГОНТАРЕВ

БЕНЗИЛИДЕНОВЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ГИДРАТНОЙ ФОРМЫ α-КЕТОСПИРТОВ, СОДЕРЖАЩИЕ 1,3-ДИОКСОЛАНОВЫЕ ЦИКЛЫ

(Представлено академиком И. Н. Назаровым 13 VII 1956)

Соединения, содержащие 1,3-диоксолановые и 1,3-диоксановые циклы — клические полные кетали и ацетали,— широко используются в органической химии. Их получают, в частности для защиты спиртовых групп от йствия реагента при метилировании и ацилировании многоатомных спиртов и при превращениях моносахаридов. Устойчивость этих циклов в присутствии щелочей и легкая их гидролизуемость в кислой среде до альдегидов и кетонов и продуктов превращения исходных полиоксисоединений дает зможность проводить реакции в желаемом направлении. В качестве примера можно привести работу (1), в которой впервые был получен β-метиловый эфир глицерина в виде α-, γ-бензилиденового производного (2-фенил-3-диоксана) путем защиты крайних спиртовых групп. Переходя через то же бензилиденовое производное, Штиммель и Кинг (2) получили β-моноэфиры глицерина и жирных кислот. Наибольшее значение получили 1,3-диоксановые и 1,3-диоксолановые циклы в химии сахаров, где широко проводились работы с ацетоновыми и бензилиденовыми производными. Последние, однако, особенно дибензилиденовые производные, изучены недостаточно. Соединения, содержащие 1,3-диоксолановые циклы, получаются двумя методами: конденсацией двух- или многоатомных спиртов с альдегидами или кетонами в присутствии катализаторов (H_2SO, $CuSO_4$ и т. п.) (3) и конденсацией окисей с карбонилсодержащими соединениями в присутствии серной кислоты или солей тяжелых металлов (4).

Поскольку в последние годы стали легко доступными α-метокси-α-оксиметиллактолиды α-кетоспиртов) (5,6), представлялось интересным сконденсировать их с альдегидами или кетонами для получения первых представителей нового типа производных гидратной формы α-кетоспиртов (I)— α-метокси-1,3-диоксоланов (II)

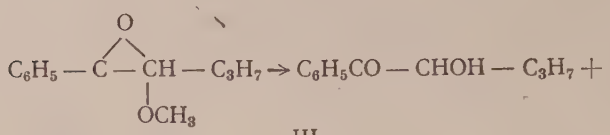


I II

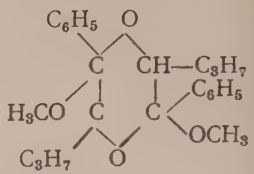
Первые попытки конденсации с кетонами метиллактолида вторичного кетоспирта Н-пропилбензоилкарбинола (III) не увенчались успехом *: при взаимодействии метоксиокиси с ацетоном, содержащим 0,2 % воды, в присутствии серной кислоты как катализатора получился в незначительном

* Выполнено В. Ивановой.

количестве продукт гидролиза — кетоспиртпропилбензоилкарбинол (IV) главным же образом наблюдалась димеризация метиллактолида:



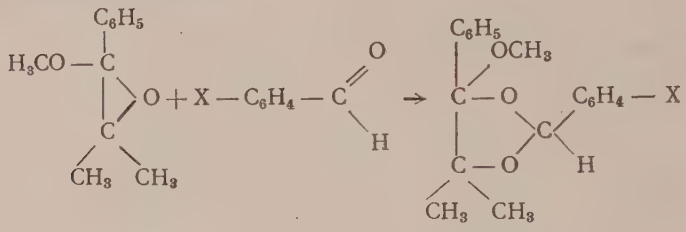
III



IV

При попытке провести конденсацию с бензофеноном в растворе четыреххлористого углерода в присутствии $SnCl_4$ как катализатора произошла лишь изомеризация метиллактолида пропилбензоилкарбинола в метиловый эфир фенилпропионилкарбинола.

В настоящей работе нам удалось осуществить конденсацию метиллактолида диметилбензоилкарбинола (V) ([6]) с бензойным, анисовым и паранитробензойным альдегидом:



V VI

где X = H, CH_3O или NO_2. Конденсация проводилась в растворе четыреххлористого углерода в присутствии нескольких капель $SnCl_4$ в качестве катализатора. Реакция проходит в момент прибавления окиси к комплексу альдегида со $SnCl_4$. Выход очищенного перекристаллизацией продукта составляет 40—50 % от теории.

4-Метокси-5,5-диметил-2-арил-4-фенил-1,3-диоксоланы представляют собою хорошо кристаллизующиеся вещества; при конденсации с бензойным альдегидом и паранитробензойным альдегидом диоксоланы получены в виде двух диастереомерных форм.

При конденсации α-метоксиокиси с бензойным альдегидом получен 4-метокси-5,5-диметил-2,4-дифенил-1,3-диоксолан в виде двух диастереомерных форм: (VI, X = H):

α-форма с т. пл. 98—99°.

Найдено %: C 75,9; 76,2; H 7,24; 7,15; OCH_3 10,61; 11,01

β-форма с т. пл. 84—86°.

Найдено %: C 76,2; H 7,31; OCH_3 11,01
$C_{18}H_{20}O_3$. Вычислено %: C 76,03; H 7,09; OCH_3 10,91

При конденсации с анисовым альдегидом получен 4-метокси-5,5-диметил-2-*n*-метоксифенил-4-фенил-1,3-диоксолан (VI, X = OCH_3), т. пл. 74—75°.

Найдено %: C 72,36; 72,40; H 7,09; 7,11; OCH_3 20,02; 19,88
$C_{19}H_{22}O_4$. Вычислено %: C 72,58; H 7,05; OCH_3 19,75

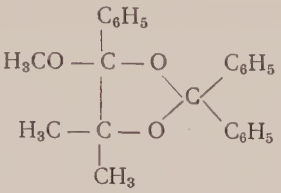
При конденсации с *n*-нитробензойным альдегидом получен в виде двух астереомерных форм 4-метокси-5,5-диметил-2-*n*-нитрофенил-4-фенил-1,3 оксолан (VI, X = NO_2):
орма с т. пл. 139—140°.

Найдено %: 65,58; H 5,95; OCH_3 9,22; N 4,36

орма с т. пл. 86,88°.

Найдено %: C 65,71; H 6,12; OCH_3 9,28; N 4,41
$C_{18}H_{19}O_5N$. Вычислено %: C 65,70; H 5,82; OCH_3 9,43; N 4,27

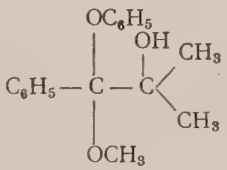
Таким же образом была проведена конденсация метиллактолида диметил-нзоилкарбинола с бензофеноном. Полученный 4-метокси-5,5-диметил-2,2,4-ифенил-1,3-диоксолан (VII) имел т. пл. 89—90°.



VII

Найдено %: C 79,81; 79,84; H 6,94; 6,63; OCH_3 8,68; 8,72
$C_{24}H_{24}O_3$. Вычислено %: C 79,97; H 6,71; OCH_3 8,62

Все 4-метокси-1,3-диоксоланы, за исключением содержащего нитро-уппу, имеют характерные кривые поглощения в ультрафиолетовой ласти с максимумом поглощения при λ 318 мμ; такой же максимум имеется спектре впервые снятого нами фенилметилкеталя диметилбензоилкарби-ла (VIII):



VIII

Спектр 4-метокси-5,5-диметил-2-*n*-нитрофенил-4-фенил-1,3-диоксолана рактеризуется очень интенсивным общим поглощением в снятой области 0 — 290 мμ). В инфракрасном спектре полученные нами соединения имеют максимумов поглощения в области 1680—1750 $см^{-2}$.

Все полученные нами соединения, представляющие собою как бы «двой-е» полные кетали, имеющие характерное чередование в цепи атомов кис-рода и углерода, очень устойчивы в нейтральной и щелочной среде и держивают длительное кипячение сводными щелочами. В кислой водной еде они, напротив, легко гидролизуются как при нагревании, так и при мнатной температуре. Поскольку все соединения (VI, VII) представляют бою кристаллические вещества, гидролиз их при погружении в подкислен-ю воду (5% H_2SO_4) протекает на холоду очень медленно. В результате ролиза образуется кетоспирт — диметилбензоилкарбинол, взятое для нденсации карбонилсодержащее соединение и метиловый спирт. Идентификация продуктов гидролиза проводилась в виде их 2,4-динитрофенилгидразонов путем постепенного последовательного осаждения производных тветствующего альдегида, а затем кетоспирта. Метиловый спирт не иден-рицировался.

Легкий гидролиз полученных соединений в кислой среде и устойчивос в щелочной подтверждает их строение как метоксизамещенных 1,3-диокс ланов.

На основании примерного равенства скоростей конденсации альдегидо имеющих заместители противоположного электрохимического характер (группы n-CH_3O и n-NO_2), а также легкой конденсации с бензофеноном мо но предполагать, что скорость реакции определяется в основном скорость раскрытия окисного цикла.

Ленинградский государственный университет
им. А. А. Жданова

Поступило
20 II 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] H. Hill, M. Whelen, H. Hibbert, J. Am. Chem. Soc., **50**, 2235 (1928) [2] B. Stimmel, C. King, J. Am. Chem. Soc., **56**, 1724 (1934). [3] E. Fischer Ber., **27**, 1532 (1894); **28**, 1145 (1895); H. Hibbert et al., J. Am. Chem. Soc., **46**, 1286 (1924) **50**, 3375, 3378 (1928); H. Ohle, I. Koller, Ber., **57**, 1566 (1924). [4] M. Bogger R. Roblin, J. Am. Chem. Soc., **55**, 3741 (1933); G. Willfang, T. Bersin, Be **70**, 2167 (1937); **74**, 145 (1941). [5] Т. И. Темникова, Е. Н. Кропачева, ЖО 1917 (1949). [6] Т. И. Темникова, Н. Алмаши, ЖОХ, **23**, 1338 (1953).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Б. А. ДОГАДКИН, И. А. ТУТОРСКИЙ и Д. М. ПЕВЗНЕР

О МЕХАНИЗМЕ ВУЛКАНИЗАЦИИ В ПРИСУТСТВИИ 2-МЕРКАПТОБЕНЗОТИАЗОЛА

(Представлено академиком И. Н. Назаровым 3 IX 1956)

Механизм действия одного из наиболее распространенных ускорителей канизации 2-меркаптобензотиазола (каптакса, МБТ) недостаточно вы-ен. Л. Вистингаузеном (1) и Б. А. Догадкиным и Д. М. Певзнером 1 г., опубликовано) было показано, что МБТ при вулканизации рас-уется, однако количественных закономерностей при этом получено не о вследствие несовершенства методов определения расхода МБТ.

В настоящей работе применялся препарат МБТ, меченный радиоизотопом в тиазоловом кольце. Синтез указанного препарата проводился сле-щим образом. Сначала езировался МБТ, ме-ный в обоих атомах се- из фенилгорчичного ла и элементарной S^{35} (2). ем полученный МБТ ревался в запаянной уле с избытком элемен-ой неактивной серы 140° в течение 6 час. казанных условиях об-лая реакция между ентарной серой и серой фгидрильной группы Г достигает равновесия Активность полученно-МБТ падала вдвое. Та-образом была осущест-а пометка бензотиазо-ьного радикала, причем лекулу МБТ вводился оизотоп S^{35}, не обмени-щийся в условиях вул-изации с элементарной й, что и позволило па-ельно измерять ско-ь присоединения серы и скорость присоединения ускорителя к каучуку. Вулканизация исследовалась на смесях из натурального каучука (НК), рагированного и осажденного из бензольного раствора и натрий-бута-ового каучука (СКБ). Состав смесей указан в табл. 1. В вулканизатах е экстракции ацетоном определялась связанная сера (элементарная и ящая в состав ускорителя) путем окисления вулканизата смесью HNO_3 $_2$ в присутствии MgO (4). МБТ, присоединившийся к каучуку, опреде-ся радиометрическим методом (5). Из максимума набухания вулканиза-

Таблица 1

Состав смеси	Температура вулканиз. (°С)	Время вулканиз. (мин.)	S связ. элемент. (г-атом/г·10^4)	МБТ связ. (моль/г·10^6)	Число поперечн. связей (моль/г·10^6)	Число прореагир. молекул МБТ, приход. на 1 поперечн. связь
НК—100	121	0	—	1,00	—	—
S—4		20	3,52	2,84	6,27	0,29
МБТ—2		40	5,10	3,16	8,97	0,24
		60	5,65	3,72	10,80	0,25
Неозон Д—1		80	6,22	4,11	10,26	0,30
ZnO—5		100	7,16	4,12	10,88	0,28
Стеариновая кисл.—2		120	8,38	4,22	14,0	0,23
СКБ—100	140	0	—	0,37	—	—
S—2		5	3,88	0,47	0,45	0,20
МБТ—1		10	5,04	0,56	0,91	0,20
Неозон Д—1		20	5,97	0,92	1,20	0,45
		30	5,95	1,38	1,60	0,63
		40	5,95	1,36	1,66	0,59
		60	6,11	1,66	2,19	0,58

тов в ксилоле рассчитывалось число поперечных связей по уравнению Фл
ри—Ренера (6).

На рис. 1 представлены данные по кинетике присоединения серы и МБ
в процессе вулканизации НК при 121°. Реакции присоединения серы и уск
рителя к каучуку протекают параллельно. В присутствии активатора Zn
наблюдается более интенсивное присоединение ускорителя, в то время к
на скорость присоединения се
активатор влияния не оказывает

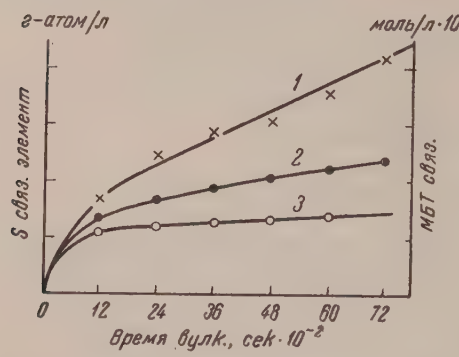
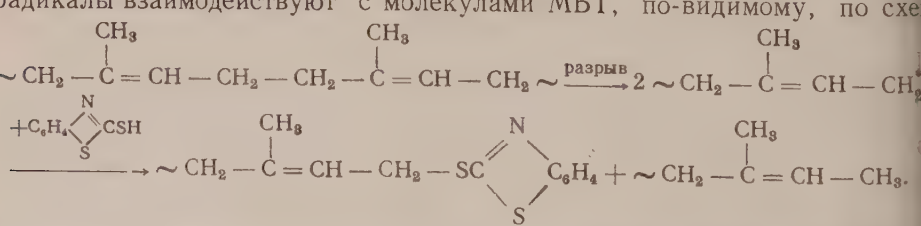


Рис. 1. Кинетика присоединения серы (*1*) и МБТ при вулканизации натурального каучука в смеси с ZnO (*2*) и без ZnO (*3*)

Небольшое количество МБ
присоединяется к каучуку уже
вальцах в процессе приготовлен
смеси. Для выяснения механиз
присоединения МБТ к каучуку п
вальцевании очищенный натура
ный каучук* вальцевался в те
ние 20 мин. в условиях, исключа
щих действие атмосферного кисл
рода, с добавкой 1 вес. части МБ
Затем пластикат разделялся
фракции путем понижения тем
ратуры раствора в бинарном ра
творителе (бензол — метилов
спирт). Определялась характер
тическая вязкость каждой фра
ции в растворе бензола и количество присоединившегося МБТ р
диометрическим методом. Из данных табл. 2 видно, что количество прис
динившегося МБТ возрастает (до не-
которого предела) с увеличением по-
рядкового номера фракции, т. е. с
падением молекулярного веса. По-
добное явление может быть объяснено
тем, что МБТ присоединяется к поли-
мерным радикалам, образующимся
при механическом разрыве. Разрыв
молекулярных цепей каучука вероят-
нее всего происходит по месту связи,
соединяющей аллильные группиров-
ки, поскольку эта связь ослаблена
эффектом сопряжения приблизитель-
но на 45 ккал/моль. Возникающие
радикалы взаимодействуют с молекулами МБТ, по-видимому, по схем

Таблица 2

№ фракции	I/I_0	Количество связанного МБТ (мол/л·10³)	[η
Нефракц.	—	—	12,
1	0,053	3,21	27,
2	0,091	5,45	24,
3	0,110	6,22	9
4	0,071	4,28	8
5	0,090	5,39	5,



Вследствие этого, содержание МБТ в низкомолекулярных фракциях с
щественно больше, чем в высокомолекулярных фракциях. Если бы МБ
реагировал по месту двойных связей, то в этом случае не должно было б
наблюдаться зависимости его распределения по фракциям пластицирова
ного каучука**.

* Каучук очищался экстракцией холодным ацетоном в атмосфере чистого азота в
чение 20 час.

** В приведенной схеме МБТ реагирует в тиольной форме; взаимодействие в тио
вой форме приводит к тому же результату в отношении распределения по фракциям.

рисоединившийся к каучуку во время вальцевания МБТ, хотя и усколроцесс вулканизации, но в существенно меньшей степени.

а рис. 2 представлена кинетика присоединения серы и МБТ в процессе анизации СКБ. В этом случае также наблюдается соответствие кинеских кривых присоединения серы БТ. К моменту полного присоединя серы (30 мин.) резко замедся скорость присоединения МБТ, концентрация последнего в смеще достаточно высока. Этот факт ывает на то, что реакция МБТ с уком протекает с существенной остью только в присутствии серы, огласуется с данными ([7]) о катаческом действии серы на присоение меркаптанов к олефинам. твительно, наши опыты показато дополнительное введение серы канизат при его набухании (на и исчерпывания свободной серы) одит к новому ускорению реакприсоединения МБТ к каучуку 2, 3).

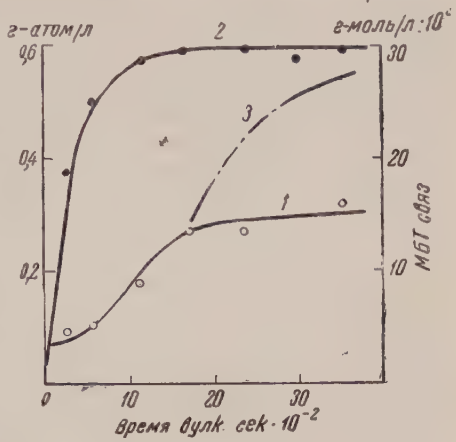
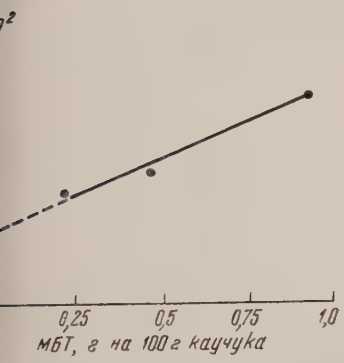


Рис. 2. Кинетика присоединения МБТ (*1*) и серы (*2*) при вулканизации, *3* — после введения 2%-й серы путем диффузии из раствора

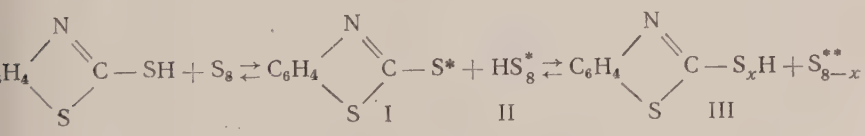
инетика присоединения серы к кау в присутствии МБТ удовлетворительно описывается уравнением реакций первого порядка по сере. Кинеские константы, рассчитанные по этому уравнению, линейно зависят от концентрации МБТ (рис. 3). Энергия активации для вулканизации СКБ для обычно применяемых соотношений серы и ускорителя составляет 20,6 ккал/моль.

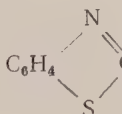


3. Зависимость кинетических ант присоединения серы от концентрации МБТ

Отношение потребленного МБТ к числу поперечных связей (см. табл. 1) существенно меньше единицы и в главном периоде вулканизации сохраняется постоянным. Расчет показывает, что на один акт присоединения ускорителя приходится около двух актов поперечного сшивания.

Приведенные экспериментальные данные указывают на сопряженный характер взаимодействия серы, МБТ и каучука. Это взаимодействие, по-видимому, ует предложенной ранее ([8]) схеме:



условиях вулканизации радикал  либо взаимо-

твует с α-метиленовыми группами молекулярных цепей каучука (восавливаясь до МБТ), либо присоединяется по месту двойных связей. том, и в другом случае образуются полимерные радикалы, способные

взаимодействовать между собой или с низкомолекулярными активными гр
пами. Радикал HS_n^* присоединяется к молекулам каучука с образован
полимерных пермеркаптанов; окисление последних или их взаимодейст
с двойными связями приводит к образованию полисульфидных свя
между цепями каучука. Рекомбинация радикалов I и II обусловливает
разование 2-бензотиазолилгидрополисульфида (III), выделяющего перем
ное число атомов серы в виде бирадикалов, непосредственно производя
соединение молекулярных цепей каучука по местам двойных связей.

В сложной последовательности указанной реакции вулканизации нача
ным актом является взаимодействие МБТ с серой. По этой причине скоро
присоединения серы к каучуку, как уже указывалось, находится в линей
зависимости от концентрации МБТ.

Московский институт тонкой химической технологии
им. М. В. Ломоносова

Поступило
2 IX 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] L. Wistinghausen, Kautschuck, **5**, 57 (1929). [2] Е. Н. Гурьянов
М. Я. Каплунов, ДАН, **94**, 53 (1954). [3] Г. А. Блох, Е. А. Голу
кова, Г. П. Миклухин, ДАН **90**, 201 (1953); Е. Н. Гурьянова, ДАН,
229 (1954). [4] I. Franta, Gumarenska Technologia, Praha, 1953. [5] Б. А. Дога
кин, З. Н. Тарасова, М. Я. Каплунов, Зав. лаб., № 4, 296 (19
[6] P. Flory, I. Rehner, J. Chem. Phys., **11**, 512 (1943). [7] S. O. Jon
E. E. Reid, J. Am. Chem. Soc., **60** 2452 (1938). [8] Б. Догадкин, И. Тутов
ский, ДАН, **108**, 259 (1956).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

С. Н. ЗАДУМКИН

ПРИБЛИЖЕННЫЙ РАСЧЕТ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

(Представлено академиком А. Н. Фрумкиным 21 VI 1956)

Основным недостатком имеющихся расчетов поверхностного натяжения аллов ([1–7]), на наш взгляд, является то обстоятельство, что число свобод- электронов Z на атом металла, входящее в теоретически полученные мулы, берется авторами до известной степени произвольно. Одни из них нимают за Z максимальную валентность атома, другие — среднее зна- е химической валентности, третьи — один свободный электрон на атом алла и т. п. Однако такая важная характеристика металла, какой являет- исло Z, должна определяться прежде всего на основании опыта, на что ршенно справедливо было указано в работе ([8]).

Кроме того, большинство указанных расчетов σ не дает температурной симости поверхностного натяжения металлов, так как вычисления σ сятся к абсолютному нулю температуры. Вопрос о температурной зави- сти σ металлов рассматривался в работах ([9–11]).

Нам кажется, что желательно построить такую теорию поверхностного жения металлов, в окончательные формулы которой для σ входили бы гие физические константы металла, легко доступные экспериментальному определению.

В разное время рядом авторов были предложены эмпирические и полуирические формулы для вычисления σ металлов через работу выхода ктрона из металла ([12, 13]), теплоту испарения ([14]) и т. п. Вычисленные тим формулам значения σ лучше согласуются с опытными данными, чем денные по теоретическим формулам.

В данной работе мы хотим дать приближенный расчет σ металлов через теплоту испарения.

Мы исходим из следующего варианта полярной модели металла. Рассмот- металл в твердом состоянии при температуре T. Будем считать, что дние значения координат положительных ионов металла совпадают злами кристаллической решетки, а средние значения координат свобод- электронов распределены симметрично внутри кристаллической решетки что образуется «электронная решетка» точно такой же структуры, как ешетка положительных ионов, однако сдвинутая относительно послед- При этом объемные элементарные ячейки и базисные плоскости метал- еской решетки должны быть нейтральными.

Следовательно, в рассматриваемой полярной модели мы будем иметь ординационную ионно-электронную решетку металла, которая, например, учае металлической гранецентрированной кубической решетки изобра- я в виде кубической типа NaCl с кратчайшим расстоянием между катио- и «анионом» $a/2$, где a — период металлической решетки.

В ([11]) нами дана следующая формула для коэффициента поверхностного жения металлов:

$$\sigma = -n_s \frac{\Delta f}{f_{kv}} [3kT \ln 2 - 2(E_0' - E_0)], \qquad (1)$$

где для принятой нами полярной модели металла f_{kv} — координационное число катиона относительно «аниона»; Δf — число недостающих ближайших «анионов» у катиона на поверхности металла; E_0 и E_0' — свободные энергии при $T = 0$, которые имела бы частица внутри металла, если бы ее средние частоты колебаний равнялись, соответственно, ν и $\nu/V\overline{2}$, а координационные числа равнялись f_{kv} и $f_{kv}/2$. Значения E_0 и E_0' мы рассчитываем следующим способом. Так как E_0 есть энергия, необходимая для разложения металла на свободные ионы и свободные электроны при $T = 0$, то, сообщая металлу сначала эту энергию, затем энергию $\sum_{i=1}^{Z} eV_i$, где $V_1, V_2, \ldots$ — обозначают, соответственно, первый, второй и т. п. ионизационные потенциалы атома, и наконец, сообщая теплоту сублимации при абсолютном нуле L_0, мы получим исходное состояние металла. Отсюда следует, что

$$|E_0| = \sum_{i=1}^{Z} eV_i + L_0, \tag{2}$$

$$|E_0'| = \sum_{i=1}^{Z} eV_i + L_0'. \tag{3}$$

Подставляя (2) и (3) в (1) и считая, так же как в [11], свободную энергию линейной функцией f_{kv}, находим

$$\sigma = -n_s \frac{\Delta f}{f_{kv}} [3kT \ln 2 - L_0]. \tag{4}$$

Формула (4) дает возможность найти значение σ для разных граней идеального монокристалла при температуре T.

Я. И. Френкель [15] показал, что вследствие тепловых флуктуаций поверхность кристалла в состоянии равновесия обладает шероховатостью. Поэтому будем считать, что на поверхности кристалла сохраняется лишь ближний порядок, соответствующий ориентациям всех основных граней элементарной электронно-ионной ячейки. В этом случае поверхностное натяжение кристалла будет

$$\sigma = -\overline{n}_s \frac{\overline{\Delta f}}{f_{kv}} [3kT \ln 2 - L_0], \tag{5}$$

где $\overline{n}_s$ — среднее число частиц на единице поверхности; $\overline{\Delta f}/f_{kv}$ — среднее значение относительного числа недостающих соседей («анионов») у положительного иона металла на поверхности. Значения $\overline{n}_s$ и $\overline{\Delta f}/f_{kv}$ мы находим следующим образом. Рассмотрим какой-либо положительный ион металла и сравним вероятность w'' его местонахождения на единице площади на поверхности металла с вероятностью w' местонахождения на единице площади какой-либо плоскости, параллельной поверхности и проходящей внутри металла; получим

$$w''/w' = e^{-\overline{W}_i/kT}, \tag{6}$$

где W_i — работа, необходимая для перехода иона из объема на поверхность, пропорциональная числу недостающих соседей Δf_i на поверхности. С другой стороны, отношение вероятностей w''/w' должно равняться отношению числа ионов $n_i^{(s)}$ на единице площади на поверхности металла к числу ионов $n_0^{(s)}$ на единице площади внутри металла. Поэтому из (6) следует

$$n_i^{(s)} = n_0^{(s)} e^{-W_i/kT}. \tag{7}$$

Так как на поверхности металла имеется $n_i^{(s)}$ частиц на 1 см² с избыточной энергией W_i и, следовательно, принадлежащих i-й грани кубического кристалла, то

$$\sum_i \frac{n_i^{(s)}}{f_i^{(s)}} S_i = 1, \tag{8}$$

S_i — площадь i-й грани; $f_i^{(s)}$ — число ионов, приходящихся на элементарную ячейку плоской сетки для той же грани. Из (7) находим

$$\bar{n}_s = n_0^{(s)} \sum_i x_i, \tag{9}$$

$x_i = \exp\left[-\frac{\alpha \Delta f_i}{kT}\right]$ (Δf_i — число недостающих соседей для i-й грани). Среднее значение относительного числа недостающих соседей на поверхности металла будет

$$\frac{\overline{\Delta f}}{f_{kv}} = \frac{\sum_i \frac{\Delta f_i}{f_{kv}} x_i}{\sum_i x_i}. \tag{10}$$

Известно, что в кристалле кубической системы имеется 6 граней (100), 12 граней (110) и 8 граней (111), для которых число недостающих соседей равно соответственно 1, 2 и 3, когда эти грани лежат на поверхности металла. Для каждой из таких граней $f_i^{(s)} = 2$. Следовательно, уравнение (8), если принять во внимание (7), а также что $S_{(100)} = a^2$, $S_{(110)} = a^2\sqrt{2}$ и $S_{(111)} = a^2 \frac{\sqrt{3}}{2}$, можно записать так:

$$\frac{n_0^{(s)}}{n_{(100)}^{(s)}}\left(6x_{(100)} + 12\sqrt{2}\,x_{(110)}^2 + 8\frac{\sqrt{3}}{2}x_{(111)}^3\right) = 1, \tag{11}$$

$x_{(100)} = \exp\left[-\frac{\alpha \Delta f_{(100)}}{kT}\right]$ ($\Delta f_{(100)}$ — число недостающих соседей для грани (100)); $n_{(100)}^{(s)}$ — число частиц на 1 см² грани (100). Произведем расчет поверхности, параллельной грани (100) внутри кристалла. Беря $n = n_{(100)}^{(s)}$, из (11) находим значение $x_{(100)}$, удовлетворяющее условию $x_{(100)} \leqslant 1$; $x_{(100)} = 0{,}122$. Из (9) и (10) получаем $\bar{n}_s = 0{,}924\, n_{(100)}^{(s)}$ и $\overline{\Delta f}/f_{kv} = 0{,}201$. Дифференцируя уравнение (5) по температуре и пренебрегая температурной зависимостью $\overline{\Delta f}/f_{kv}$, найдем величину температурного коэффициента γ поверхностного натяжения металлов:

$$\gamma \equiv \frac{d\sigma}{dT} = -\left(3k\frac{\overline{\Delta f}}{f_{kv}}\bar{n}_s \ln 2 + 2\alpha\sigma\right), \tag{12}$$

Таблица 1

Металл	$n_{100}^{(s)} \cdot 10^{14}$	$L_0 \cdot 10^{12}$ э/атом	Т-ра, °К	σ, э·см⁻²		γ, э·см⁻²·град⁻¹	
				выч.	эксп.	выч.	эксп.
Ag	11,1	4,70 [20]	1268	898	751—940 923 [16]	—0,123	—0,13 [16]
Au	110,0	5,76	1473	1100	581—1420 1120 [16]	—0,092	—0,10 [16]
Cu	14,6	5,27	1473	1380	1103—1400 1154 [16]	—0,204	—
Pb	7,62	3,50	600	470	424—536 461 [16]	—0,078	—(0,06—0,25) [16]
Pt	11,5	4,15	973	832	520—914 860 [18]	—0,103	—(0,135—0,35) [16]
W	12,0	8,75	2273	1815	1819 [16]	—0,097	—0,1
Fe	14,0	7,43	1843	1970	950—1210 1720 [21]	—0,12	—
Na	6,61	2,71	1123	298	320	—0,048	—
Co	16,0	8,3	1763	2320	—	—0,142	—
Ni	16,2	6,97	1725	1957	1735 [19]	—0,132	—
Tl	8,50	3,03	573	454	436—485 [16]	—0,086	—

где α — термический коэффициент линейного расширения металла. Резул
таты вычисления поверхностного натяжения по формуле (5) и темпер
турной зависимости по формуле (12) для металлов гранецентрированн
кубической системы приведены в табл. 1. В той же таблице дают
экспериментальные значения σ и γ для расплавленных металлов, разбр
экспериментальных данных по измерениям разных авторов, наибол
достоверные значения σ согласно анализу экспериментальных данных в [1
и результаты измерений последнего времени. Во всех случаях, где э
было возможно, мы брали $\sigma_{эксп}$ по измерениям в вакууме. В качест
экспериментальных значений теплоты сублимации приведены данны
пересчитанные Рабиновичем и Тило [17] к абсолютному нулю температур
а также данные для Ag из работы [20].

Из табл. 1 видно, что вычисленные значения σ и γ, несмотря на грубос
принятой модели металла и приближенность всего расчета, хорошо согл
суются с наиболее достоверными экспериментальными, особенно для F
для которого экспериментальное значение σ известно достаточно точн
В большинстве остальных случаев отклонение $\sigma_{выч}$ от $\sigma_{эксп}$ составляет
более 5%, и лишь для Cu, γ-Fe и β-N; оно равно примерно 10—20%.

Кабардинский государственный
педагогический институт

Поступило
9 XI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Я. Г. Дорфман, ДАН, **41**, № 9, 386 (1943). [2] D. V. Gogate, D. S. K
thari, Phil. Mag., **7**, 20 (1935). [3] А. Г. Самойлович, ЖЭТФ, **16**, 2 (194
[4] А. Е. Глауберман, ЖФХ, **23**, 121 (1949). [5] И. М. Спитковский, ЖФ
24, 1091 (1950). [6] A. B. Scott, Phil. Mag., **45**, № 370, 1173, (1954). [7] А. Х. Брегe
А. А. Жуховицкий, ЖФХ, **20**, в. 4—5, 355 (1946). [8] В. Л. Гинзбург, Г. П. М
тулевич, Изв. АН СССР, сер. физ., **18**, № 6 (1954). [9] Я. И. Френкел
Кинетическая теория жидкостей, 1945. [10] А. Х. Брегер, ЖФХ, **22**, 920 (194
[11] С. Н. Задумкин, ДАН, **101**, № 3, 507 (1955). [12] С. Н. Задумкин, ЖФХ,
502 (1953). [13] Л. Л. Кунин, ДАН, **79**, № 1, 93 (1951). [14] С. Н. Задумки
ДАН, **92**, № 1, 115 (1953). [15] Я. И. Френкель, Теория твердых и жидких тел, М.—
1934. [16] Л. Л. Кунин, Поверхностные явления в металлах, 1955. [17] E. Ra
nowitsch, E. Thilo, Zs. f. phys. Chem., **6**, 298 (1930). [18] А. М. Корольк
Изв. АН СССР, ОТН, № 2, 35 (1956). [19] W. D. Kingery, M. Ir. Humenik,
Phys. Chem., 57, № 3, 359 (1953). [20] H. M. Schadel, C. E. Birchenall,
Metals, **188**, 1134 (1950). [21] F. A. Halden, W. D. Kingery, J. Phys. Chem.,
№ 6, 557 (1955).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Д. Г. КНОРРЕ, З. К. МАЙЗУС и Н. М. ЭМАНУЭЛЬ

ЭНЕРГИЯ АКТИВАЦИИ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ РЕАКЦИИ $RO_2 + RH$ ПРИ ОКИСЛЕНИИ *н*-ДЕКАНА

(Представлено академиком В. Н. Кондратьевым 24 VII 1956)

В настоящее время не существует прямых методов изучения элементарных стадий процессов жидкофазного окисления углеводородов. Однако последние годы некоторые сведения об элементарных реакциях окисления дких углеводородов были получены из данных по кинетике окисления ([1]), рименением метода фотохимического последействия ([2,3]) и метода вращающегося сектора ([4]). Все эти результаты относятся к начальным стадиям окисления углеводородов, когда единственным продуктом, присутствующим в системе, является первичный продукт окисления — гидроперекись.

Во всех случаях при обработке экспериментальных данных считалось казанным, что образование гидроперекиси идет цепным путем по схеме:

$$R^{\bullet} + O_2 \rightarrow RO_2^{\bullet} \qquad (1)$$

$$RO^{\bullet} + RH \rightarrow RO_2H + R^{\bullet} \qquad (2)$$

частности из этой схемы следует, что при достаточно большом давлении слорода, когда основным типом обрыва цепей становится процесс рекомбинации радикалов RO_2, скорость окисления равна ([5])

$$w = w_u^{1/2} \frac{k_2}{k_3^{1/2}} [RH], \qquad (3)$$

е w_u — скорость инициирования, k_2 — бимолекулярная константа скости реакции продолжения цепи, k_3 — константа скорости рекомбинации адикалов RO_2. Критерием применимости формулы (3) является отсутствие висимости скорости окисления от парциального давления кислорода в газовой фазе в исследуемом диапазоне давлений. Зная скорость инициирования и определяя скорость окисления, мы можем по формуле (3) вычислить ношение $k_2/k_3^{1/2}$ и температурную зависимость этого отношения, т. е. величину $E_2 - {}^1/_2 E_3$. Поскольку величина E_3 есть энергия активации процесса рекомбинации двух радикалов, близкая, по-видимому, к нулю, то тем самым является возможность определения энергии активации процесса (2).

В настоящей работе мы попытались применить аналогичный прием для пределения, величины E_2 в реакции окисления *н*-декана. Сложность задачи стояла в том, что при окислении *н*-декана уже нельзя считать перекись динственным продуктом окисления, так как наряду с ней в соизмеримых личествах с самого начала окисления присутствуют соединения с другими ункциями — спирты, карбонильные соединения, кислоты, эфиры ([6]). днако в предыдущих работах по окислению *н*-декана было установлено, го все эти продукты образуются в результате разрушения гидроперекисей, е. первая стадия процесса при окислении *н*-декана так же как и при окис-

лении углеводородов других классов есть образование гидроперекиси. Основное отличие окисления *н*-декана состоит в том, что на образование гидроперекиси по реакции (2) существенным образом накладывается уже на ранних стадиях окисления процесс разрушения гидроперекисей. Разрушение перекисей протекает по мономолекулярному закону с энергией активации $E = 24$ ккал (7) и, следовательно,

$$w = \frac{d\,[\mathrm{ROOH}]}{dt} = k_2\,[\mathrm{RO_2}]\,[\mathrm{RH}] - k_4\,[\mathrm{ROOH}], \qquad (4)$$

где k_4 — мономолекулярная константа скорости разрушения перекисей.

Окисление углеводородов является цепным процессом с вырожденным разветвлением цепей. Автоускоренный характер окисления *н*-декана показывает, что он не представляет исключения в этом отношении. Вырожденное разветвление обусловлено, как принято считать в настоящее время, распадом молекул гидроперекиси на два свободных радикала:

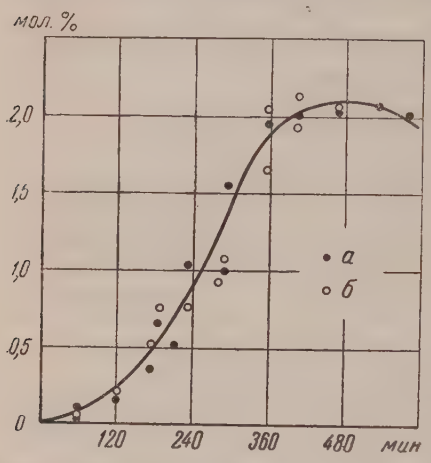


Рис. 1. Кинетическая кривая накопления перекисей при окислении *н*-декана при 130° кислородом (*а*) и смесью кислорода с азотом 1 : 1 (*б*)[4]

$$\mathrm{ROOH} \rightarrow \mathrm{RO}\cdot + \cdot\mathrm{OH}. \qquad (5)$$

Энергия активации этой реакции для случая гидроперекиси децила была определена Твиггом и оказалась равной $E_5 = 31{,}7$ ккал (8). При этом следует иметь в виду, что константа скорости реакции (5) k_5 конечно не совпадает с величиной k_4, поскольку распад по схеме (5) не является единственным путем разрушения перекисей.

Полагая, что скорости инициирования и обрыва цепей практически равны, и считая, что обрыв происходит в основном путем рекомбинации радикалов $\mathrm{RO_2}$, мы получаем:

$$k_5\,[\mathrm{ROOH}] = k_3\,[\mathrm{RO_2}]^2, \qquad (6)$$

что дает возможность преобразовать уравнение (4) к виду

$$w = k_2 \sqrt{\frac{k_5}{k_3}}\,[\mathrm{RH}]\,\sqrt{[\mathrm{ROOH}]} - k_4\,[\mathrm{ROOH}].$$

Максимальная скорость накопления перекисей определится из условия $\frac{dw}{dt} = 0$ или, что то же самое, $\frac{dw}{d\,[\mathrm{ROOH}]} = 0$, поскольку $d[\mathrm{ROOH}]/dt > 0$ (в интересующей нас области кинетической кривой). Отсюда получаем

$$w_{\text{макс}} = \frac{k_2^2 k_5\,[\mathrm{RH}]^2}{4 k_3 k_4},$$

или для эффективной энергии активации окисления E, определяемой по температурной зависимости

$$E = 2E_2 + E_5 - E_3 - E_4. \qquad (7)$$

Так как величины E_4 и E_5 известны, а E_3, как энергия активации рекомбинации, должна быть близка к нулю, определение величины E дает возможность вычислить E_2 — энергию активации элементарной реакции $\mathrm{RO_2} + \mathrm{RH}$ при окислении *н*-декана.

Окисление *н*-декана проводилось в окислительной ячейке, описанной в наших первых работах (6). Чтобы убедиться в правильности предположе-

о преимущественном обрыве цепей путем рекомбинации радикалов RO_2, сняли кинетические кривые накопления перекисей в ходе окисления кана при 130° при двух различных парциальных давлениях кислорода: 0,5 атм (последнее создавалось тем, что через *н*-декан вместо чистого порода продувалась смесь кислорода с азотом в отношении 1:1). Соответющие результаты приведены ис. 1. Видно, что образование екисей в струе кислорода и е смеси кислорода с азотом с одной и той же скоростью. м подтверждается справедливость условия (6), поскольку ько в случаях обрыва цепей ем рекомбинации радикалов скорость окисления не зависот давления кислорода.

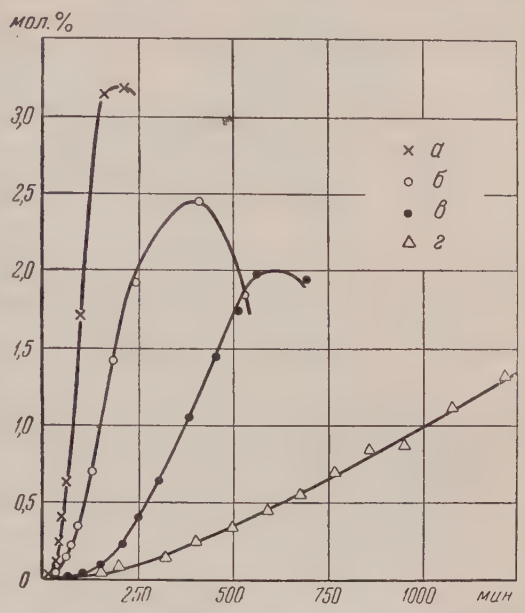


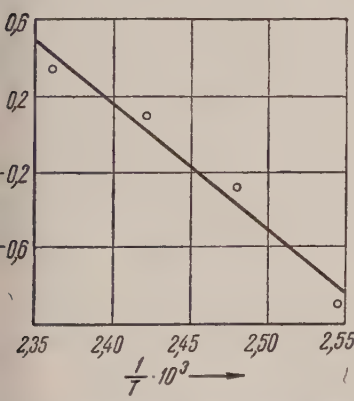
Рис. 2. Кинетические кривые накопления перекисей при окислении *н*-декана кислородом при разных температурах: *а* — 150°, *б* — 140°, *в* — 130°, *г* — 120°

На рис. 2 приведены кинеческие кривые накопления екисей при окислении *н*-деа при разных температурах. рис. 3 в аррениусовских коинатах приведена зависить максимальной скорости опления перекисей от тематуры. Из этой зависиги для суммарной энергии ивации получается значение = 31 ккал, что согласно соотношению (7) для величины E_2 значение 11,5 ккал.

Чтобы выяснить, насколько вдоподобно такое значение ичины E_2, оценим эту величину теоретически по формуле Поляни. Согласно этой формуле для эндотермической реакции ([9]),

$$E = |q| + 11{,}5 - 0{,}25\,|q|,$$

где q — тепловой эффект реакции.



3. Зависимость максимальной рости накопления перекисей от температуры

Для реакции (2) тепловой эффект равен разности энергии диссоциации связей OH в гидроперекиси и CH в исходном углеводороде.

Энергия диссоциации вторичной CH-связи в *н*-декане, которая преимущественно и подвергается окислению (10), не должна сколько-нибудь существенно отличаться от той же величины для пропана. Согласно данным, приведенным в монографии Котрелла, эта величина равна 94 ккал. Энергия OH-связи в гидроперекиси децила не должна существенно отличаться от той же величины для перекиси водорода, так как едва ли остаток R в гидроперекиси оказыт существенное влияние на связь OH, отделенную от него двумя стыми связями. Для перекиси водорода $q_{H-O_2H} = q_{HO-OH} + 2q_{O-H} - q_{O=O} - q_{H-O_2}$. Необходимые величины энергий диссоциации находим в мографии Котрелла ([11]) ($q_{HO-OH} = 48$ ккал, $q_{O-H} = 103$ ккал, $q_{O=O} = 117$ кал) и в работе Фонера и Хадсона ([12]) ($q_{H-O_2} = 47$ ккал), откуда энергия ссоциации связи OH в перекиси водорода получается равной 90 ккал.

Вычисление по формуле Поляни с принятыми выше значениями энергий связи OH и CH дает $E_2 = 14{,}5$ ккал. Учитывая приближенный характер формулы Поляни и неточности в значениях энергии связи, следует полученные сведения считать удовлетворительными. Заметим также, что если взять для энергии диссоциации C—H связи 89 ккал [9] (вместо 94 ккал), то расчет даст $E_2 = 11{,}5$ ккал, т. е. хорошо совпадает с опытными данными.

Таблица 1

Сопоставление энергий активации реакции $RO_2 + RH$, полученных из экспериментальных данных и вычисленных по формуле Поляни

Углеводород	Энергия активации	
	из кинет. данных	по Поляни
Этиллинолеат [1]	4	5
Тетралин [2]	4,3	6,5
Сквален [1]	7	7
Метилолеат [1]	8	7
н-Декан	11,5	14,5

Представляет интерес проверить, насколько вообще применима к такого рода реакциям формула Поляни. В табл. 1 в первой графе приведены величины E_2 (энергии активации реакции $RO_2 + RH$), найденные различными авторами из кинетических данных с использованием формулы (3) (в том числе полученные в настоящей работе значения для *н*-декана). Во второй графе приведены величины E_2, вычисленные для тех же углеводородов по формуле Поляни (значение энергии диссоциации C—H-связи из данных для более простых углеводордов того же строения).

Как видно из табл. 1, соотношение Поляни для углеводородов различных классов дает величины энергий активации элементарной реакции $RO_2 + RH$, хорошо совпадающие с найденными из экспериментальных данных.

Поступило
19 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] J. L. Bolland, G. Gee, Trans. Farad. Soc., **42**, 236 (1946). [2] C. H. Bamford, M. J. S. Dewar, Nature, **163**, 215 (1949). [3] L. Bateman, G. Gee, Trans. Farad. Soc., **47**, 155 (1951). [4] C. H. Bamford, M. J. S. Dewar, Proc. Roy. Soc., **198A**, 252 (1949). [5] L. Bateman, Quart. Rev., **8**, 147 (1954). [6] Д. Г. Кнорре, З. К. Майзус, Н. М. Эмануэль, ЖФХ, **29**, 710 (1955). [7] Л. С. Вартанян, З. К. Майзус, Н. М. Эмануэль, ЖФХ, **30**, 665 (1956). [8] G. H. Twigg, Disc. Farad. Soc., **14**, 240 (1953). [9] Н. Н. Семенов, О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности, Изд. АН СССР, 1954. [10] J. L. Benton, M. M. Wirth, Nature, **171**, 269 (1953). [11] Т. Коттрел, Прочность химической связи, ИЛ, 1956. [12] S. N. Foner, R. L. Hudson, J. Chem. Phys., **23**, 1364 (1955).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Е. А. ЛЕОНТЬЕВ, В. М. ЛУКЬЯНОВИЧ и Е. С. МИЛЬМАН

ЭЛЕКТРОННОМИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ ШАРОВИДНОГО ГРАФИТА В ЧУГУНЕ

(Представлено академиком М. М. Дубининым 30 VII 1956)

Введение в чугун некоторых элементов (в частности Mg, Ce, Ca) в количестве нескольких сотых долей процента вызывает кристаллизацию включений графита не в обычной пластинчатой форме, а в виде шаровидных образований — сферолитов с различной степенью округленности. Это позволяет в 2—3 раза повысить пределы прочности чугуна и придать ему пластичность при сохранении ряда технологических достоинств и экономичности методов его получения. Новый высокопрочный чугун во многих случаях полноценно заменяет сталь, ковкий чугун и цветные сплавы, так что проблема дальнейшего улучшения свойств и технологии такого чугуна приобретает большое народнохозяйственное значение.

В связи с этим за последнее время большое число работ было посвящено исследованию шаровидного графита, и был высказан ряд гипотез о его строении ([1–5]). Однако вследствие ограниченности экспериментального материала этот вопрос не разрешен окончательно. В электронномикроскопических работах ([2, 4, 5]) авторы ограничивались исследованием обычных металлографических шлифов, но, так как поверхность включений графита неизбежно сильно деформировалась в процессе его приготовления, такие работы не могли дать достаточных сведений для понимания строения графита.

Исключением является работа ([6]), в которой при помощи катодного травления шлифов были получены ценные сведения о структуре графита.

Мы провели электронномикроскопическое исследование недеформированной поверхности графитовых включений методом реплик, а также их внутренней структуры при помощи химического расщепления и фотографирования продуктов распада. Для исследования применялся шаровидный графит, выделенный из чугуна, содержащего Mg, путем электролитического растворения (рис. 1). Электролитом служил 20%-й раствор HCl, сила тока составляла 5 а. Выделенный графит промывался щелочным раствором, водой и высушивался.

Получение реплик с поверхности выделенных шарообразных частиц диаметром около 100 μ представляло собой трудную методическую задачу. После ряда попыток мы остановились на следующем способе. На поверхность стеклянной пластинки наносился тонкий слой 0,1%-го раствора коллодия и, спустя 1—2 мин., насыпался порошкообразный графит. Избыток его стряхивался, так что коллодиевая пленка оказывалась покрытой слоем в одно зерно. Условия подбирали так (наблюдением в стереомикроскоп), чтобы $^1/_3$—$^1/_4$ глобул по высоте смачивалась раствором. Через сутки, по окончании затвердевания пленки, объект заливался расплавленной серой. Сера хорошо смачивает графит, но не смачивает пленку, и поэтому после затвердевания слой серы вместе с прилипшими к нему глобулами легко отделялся от пластинки. На последней оставалась коллодиевая пленка, сохранившая отпечатки графитовых зерен. Путем термического распыления в вакууме на нее наносилась окончательная кварцевая реплика ([7]), которая

укреплялась нанесением слоя желатины толщиной 0,1—0,2 мм. Затем нижний коллодиевый слой растворялся в ацетоне, отделившаяся кварцевая реплика с желатиновым слоем промывалась и помещалась на поверхность воды желатиной вниз. После растворения желатины кварцевая пленка промывалась водой и вылавливалась на сеточку-объектодержатель. Сразу же на пленку наносилась капля спирта, а затем эфира, причем избыток жидкости отсасывался фильтровальной бумагой. Укрепление кварцевой реплики желатиной и замену воды на жидкость с меньшим поверхностным натяжением при высушивании реплики необходимо проводить во избежание ее разрыва.

Фотографирование проводилось на электронном микроскопе УЭМ-100 при увеличении 8200.

Рассматривание стереофотографий кварцевых реплик (рис. 2) убеждает, что поверхность графита имеет грубый рельеф — она представляется бугристой, покрытой округлыми выступами с размерами от одного до нескольких микрон.

Для изучения внутренней структуры графит вначале растирался в агатовой ступке, и продукты дробления изучались в электронном микроскопе. При этом наблюдалась картина, типичная для обычного графита — тонкие полупрозрачные пластинки, образовавшиеся благодаря разделению кристаллов по плоскостям спайности. Эти данные находятся в согласии с результатами рентгенографических исследований, согласно которым шаровидный графит содержит хорошо образованные кристаллы.

Наибольший интерес представляла попытка выявить размеры этих кристаллов, для чего их необходимо было выделить, по возможности каждый отдельно, из шарообразного зерна. Описанное выше механическое дробление не решало задачи, так как при этом неизбежны неконтролируемые деформации кристаллов. Поэтому мы применили энергичное окисление графита в жидкой среде, в результате которого атомы кислорода проникают в межплоскостные пространства решетки графита и химически связываются с атомами углерода с образованием окиси графита ([8]). При последующем нагревании до 180—200° происходит взрывообразное выделение окиси и двуокиси углерода, приводящее к расщеплению кристалла вдоль оси *c* на пачки из сравнительно небольшого числа базисных плоскостей. При наблюдении в электронном микроскопе продукт расщепления обычного графита напоминает листы измятой бумаги ([9]).

Окисление графита производилось следующим образом. Графит (0,1 г) в фарфоровой чашке заливался смесью концентрированных кислот: 3 мл H_2SO_4 + 1 мл HNO_3. Затем при помешивании в течение 15—20 мин. добавлялся 1 г тонко измельченного и тщательно высушенного $KClO_3$, и смесь выдерживалась $2^1/_2$ — 3 часа. Графит отмывался водой до отрицательной реакции на Cl' и высушивался в эксикаторе над P_2O_5. При нагревании до 180—200° происходило разрушение графита с образованием внешне сажеподобного продукта, который в оптическом микроскопе представлялся состоящим из удлиненных червеобразных частиц с поперечником в несколько микрон.

Препарат наносился на сетку объектодержателя и изучался в электронном микроскопе. Одна из типичных фотографий приведена на рис. 3. Здесь видна часть червеобразной частицы, представляющей собой, очевидно, не очень сильно разрушенный кристалл графита — местами заметны темные полосы (указаны стрелками), которые могут быть только сравнительно толстыми пачками нерасщепленных базисных плоскостей графитовой решетки. Более высокая степень расщепления кристалла графита показана на рис. 4. Согласно литературным данным, при этом, как правило, не происходит разрыва самих базисных плоскостей, так что поперечник наблюдаемых на фотографиях образований (размером в несколько микрон) должен соответствовать ширине исходных кристаллов графита (размерам в направлении осей *a* и *b*). Таким образом, наблюдаемая на фотографии картина должна быть аналогична той, которая будет наблюдаться при раздирании

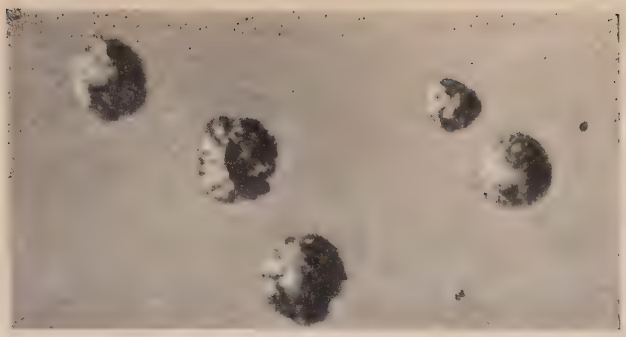


Рис. 1. Шаровидные включения графита, выделенные из чугуна электролитическим растворением. Оптический микроскоп. 110 ×

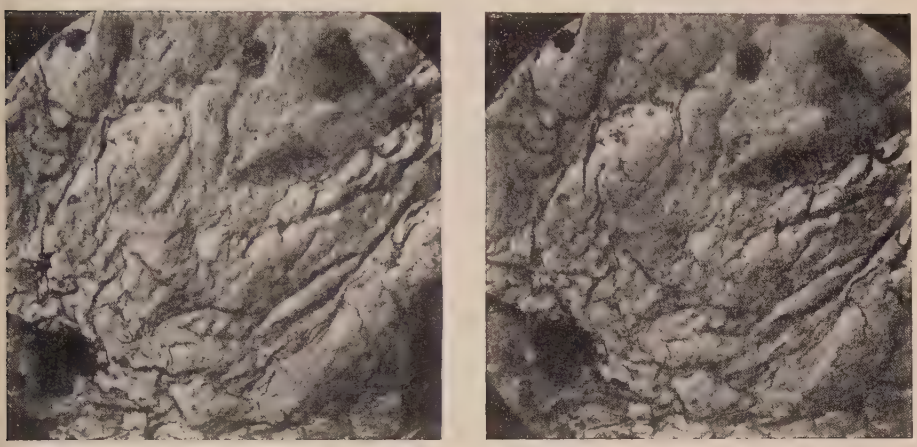


Рис. 2. Стереоскопическая фотография кварцевой реплики с поверхности шаровидного графита. 8200 ×

Рис. 3

Рис. 4

Рис. 3. Продукт химического расщепления шаровидного графита. 8200 ×
ис. 4. Продукт химического расщепления шаровидного графита. Более высокая степень расщепления, чем на рис. 3. 8200 ×

ки слабо склеенных бумажных листов, когда усилие прилагается в на-
лении, перпендикулярном к плоскости листов. Кажущаяся волокни-
ть структуры, наблюдаемая на рис. 4, скорее всего объясняется обра-
нием складок на деформируемых при расщеплении базисных плоско-
кристаллов. При фотографировании в проходящем пучке электронов
чие складок, подобных складкам на измятой папиросной бумаге, будет
авать впечатление волокнистой структуры.

Обращает на себя внимание тот факт, что удлиненные образования на
3 и 4 в поперечнике (несколько микрон) соответствуют округлым высту-
наблюдаемым на стереофотографии (см. рис. 2). Можно предположить,
эти выступы являются кристаллами графита, выходящими на поверх-
ь сферолита, а поперечные размеры выступов отвечают размерам кри-
лов в направлении осей *a* и *b*. Это предположение согласуется с представ-
иями о радиальной направленности роста кристаллов графита в сферо-
е и с данными о размерах этих кристаллов, изложенными в [6].

Окончательные выводы о строении шарообразного графита не могут быть
аны на основании только электронномикроскопических фотографий —
ь необходимо применение различных методов исследования. Однако
оженные выше данные, по нашему мнению, открывают новые возмож-
и решения указанной проблемы. Применяя различное по интенсивности
сление графита можно осуществить последовательное расщепление его
очений и, наблюдая за этим процессом при помощи оптического и элект-
ного микроскопов, получить более глубокие сведения об их структуре.
Этот метод может быть также применен для исследования структуры
гих поликристаллических графитовых тел.

Институт физической химии
Академии наук СССР
Центральный научно-исследовательский
институт технологии и машиностроения

Поступило
10 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

К. П. Бунин, Ю. Н. Таран, А. В. Черновол, Чугун с шаровидным
итом, Киев, 1955. [2] К. И. Ващенко, Н. А. Головань, Р. П. Тодоров,
йное производство, № 3, 19 (1956). [3] П. И. Степин, Статья в Сборн. Металловеде
е и соврем. методы термич. обраб. чугуна, 1955, стр. 108. [4] H. Thyssen,
Coheur, L. Habraken, Rev. Univ. Mines., № 3, 63 (1950). [5] A. De-Sy,
Vidt, G. Vandermersche, Fond. Belge, № 1, 14 (1953). [6] H. Tsuchi-
a, T. Kusakawa, T. Okumoto, J. Electron. Microscopy, Japan, **4**, 26 (1955).
ектронная микроскопия, под ред. А. А. Лебедева, М., 1954. [8] U. Hofmann,
Zs., **61**, 297 (1932). [9] В. М. Лукьянович, Л. В. Радушкевич, Статья
орн. Методы исследования структуры высокодисперсных и пористых тел, Изд. АН
P, 1953; G. L. Ruess, W. R. Ruston, Fuel, **25**, 156 (1946).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИ

А. И. САРАХОВ

АДСОРБЦИЯ ПАРОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗОЛОТА

(Представлено академиком М. М. Дубининым 23 VII 1956)

В связи с весьма интересными результатами, полученными при иссл довании адсорбции паров на поверхности ртути ([1,2]), нами была сдела попытка исследовать адсорбцию паров воды на поверхности металла, напр мер золота. Исходным материалом послужила золотая пластинка со ст пенью чистоты 99,99%, прокатанная нами на стальных вальцах до толщин 7,8 μ. Отдельные листки этой фольги были скреплены золотой проволок в виде книжки. Масло, попавшее на фольгу во время прокатки, было уд лено экстракцией бензолом в аппарате Сокслета. После этого образ обрабатывался соляной и азотной кислотами для удаления возможных з грязнений сталью вальцов.

Для измерения изотерм адсорбции были использованы адсорбционны весы Беринга и Серпинского ([3]), чувствительность которых для настоящи исследований была повышена до $5{,}2 \cdot 10^{-8}$ г при нагрузке 1 г. Необходимос этого была вызвана тем, что изготовленная нами фольга при весе 1,09 имела геометрическую поверхность всего 143 см². Повышение чувствител ности была достигнуто лучшей балансировкой коромысла, что, естественн привело к сужению допустимого диапазона взвешивания до 1 мг.

Подверглась изменению и манометрическая часть установки, так ка при исследовании адсорбции паров воды стало невозможно вымораживат пары ртути. Поэтому ртутные манометры были заменены для малых да лений (от 10^{-5} до 0,1 мм рт. ст.) манометром типа Пирани, а для средних да лений (от 0,01 до 30 мм рт. ст. и выше) — мембранным манометром. Ман метр Пирани выполнен из платиновой проволоки диаметром 30 μ и длин 10 см, натянутой в стеклянной трубке с внутренним диаметром 4 мм. П следняя окружена буферной водяной оболочкой, через которую пропущ стеклянный змеевик с циркулирующей водой от термостата типа ТС-1 Температура нити поддерживается постоянной (100°) путем изменени тока, питающего мост Уитсона, одним из плеч которого является нить. Т моста, необходимый для поддержания постоянной температуры, а след вательно, и постоянного сопротивления нити, являющегося функцией да ления, измерялся с помощью потенциометра ПН-4. Мембранный маномет изготовлен из стекла с мембраной диаметром 30 мм; деформация ее измер лась с помощью механической системы с заркалом и автоколлимационно трубы. Оба манометра были помещены в воздушный термостат весов.

Первые же опыты с этим адсорбентом показали, что электростатически заряды, накапливающиеся на металлических экранах весов и висящей кварцевой подвеске золотой фольге, не снимаются в нужной степени нару ным электростатическим экраном, который применялся в первых работа (раньше экраном служила заземленная алюминиевая фольга, которой бы снаружи обернута оболочка весов). Введение радиоактивных препарат в оболочку весов не только не уменьшило электростатические «помехи но вызвало еще бо́льшую электризацию, проявившуюся в виде отдельны искр электрических разрядов внутри оболочки. В связи с этим внутренню полость оболочки весов в районе адсорбента и все детали собственно вес пришлось покрыть слоем золота, конденсированного в вакууме, и зазе лить. Только после этого весы стали давать устойчивые воспроизводим показания.

Для удаления веществ, которые золото поглотило из воздуха и в про-
се обработки, исследуемый образец подвергался прогреванию в вакууме
весах при температуре 420—450°. Потеря
а наблюдалась в течение 4—5 суток, затем
протяжении следующих 2—3 суток вес не
енялся.

Полученная нами изотерма адсорбции
ов воды при 18° приведена на рис. 1.
и адсорбционных опытах при относитель-
х давлениях от 0 до 0,8 P/P_s наблюдалось
трое, практически мгновенное протекание
цесса (кривая *1*) и затем медленное (20—
час.) приращение веса адсорбента до уста-
ления равновесия (кривая *2*). На графике
несены результаты трех независимых се-
измерений. При десорбционных опытах
относительных давлений 0,8 и меньших
орбционные точки ложатся на кривую *2*.
к видно из графика, кривая *2* не проходит
ез начало координат, т. е. длительной (до
суток) откачкой золота при 18° не удается
лить поглощенное им вещество. Последую-
е адсорбционные и десорбционные точки
йчиво ложатся на кривую *2*. Таким об-
ом, можно заключить, что быстрая перво-
альная физическая адсорбция паров во-
на поверхности золота сопровождается
ической адсорбцией. Естественно, кривую
льзя рассматривать как кривую физичес-

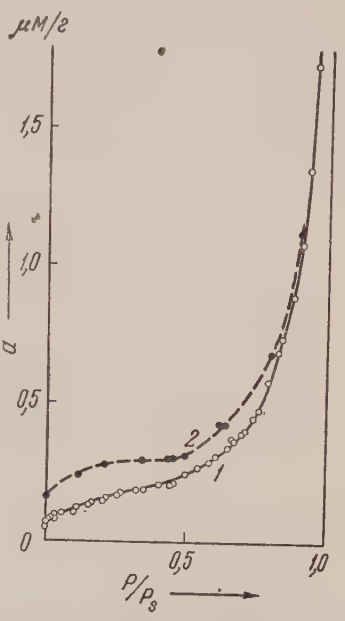
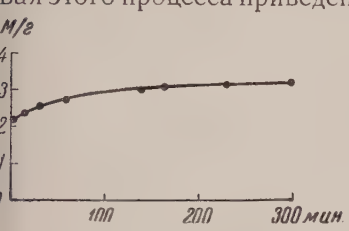


Рис. 1. Изотерма сорбции паров воды на поверхности золота при 18°: *1* — адсорбция, *2* — десорбция

равновесной адсорбции, так как, несмотря на быстрое проведение опыта
последовательных впусках паров воды, кроме равновесной физической
орбции частично происходит и химическое поглощение. Кинетическая
вая этого процесса приведена на рис. 2. К сожалению попытка вычисления
энергии активации из кинетических кри-
вых не увенчалась успехом из-за того, что
при такой малой поверхности адсорбента
точность измерений для таких вычислений
оказалась недостаточной.



2. Кинетика поглощения па-
воды золотом при 18°. Отно-
тельное давление ~0,4 P/P_s

Полное удаление поглощенных веществ происходит в вакууме при длительном выдерживании золота при температуре 420—450° (30—40 часов). Повторные исследования после удаления поглощенных веществ полностью воспроизводили описанную картину.

Для того чтобы убедиться, что полученная нами необратимость не свя-
а с поглощением золотом паров ртути, вакуумной смазки или каких-
о других загрязнений, случайно проникающих в установку, был про-
ен контрольный опыт с азотом. После полного удаления нагрева-
м поглощенных веществ в весы был впущен сухой азот (до давления
и рт. ст.). При этом в течение 15 суток никакого приращения веса
ота не наблюдалось.

Затем азот был заменен кислородом (при давлении 4 мм рт. ст.); при этом
ого в течение суток незначительно прибавило в весе (не более 0,01 μM/г).
ее кислород был откачан без прогревания (при этом вес образца не изме-
ся и в весы были впущены пары воды (до давления 4 мм рт. ст.). Получен-
точка сразу легла посредине между кривыми *1* и *2*, а через 2 часа точки
тились на кривую *2*, и в течение суток дальнейшего заметного измене-

ния веса не происходило. Адсорбционные и десорбционные точки посл этого устойчиво ложились на кривую *2*. Таким образом можно сделать вы вод: пары воды химически адсорбируются золотом, вероятно с образование поверхностных окислов или гидроокисей. Предварительная химическа адсорбция кислорода ускоряет этот процесс.

Для количественных расчетов нас интересовала фактическая поверх ность исследуемого образца. С этой целью была сделана попытка измерит изотермы адсорбции паров азота при его темпе ратуре кипения. Однако слишком малые величины адсорбции затенялись конвекционными потоками внутри весов, так как их полностью устранить не удалось. Поэтому для вычисления удельной поверх ности была измерена изотерма адсорбции паро бензола (рис. 3). Эта изотерма хорошо описывает ся уравнением Брунауэра, Эммета и Теллера в пре делах 0,02—0,35 P/P_s. Применив это уравнение и приняв площадку, занимаемую молекулой бензола в сплошном мономолекулярном адсорбированном слое, за 45 Å² (среднее значение, по данным А. В Киселева, для адсорбции бензола на саже (⁴), мы получили удельную поверхность золота $s = 180$ см² Таким образом коэффициент шероховатости состав лял около 1,4. Это хорошо согласуется с данным Бауэрса (⁵), который нашел для алюминиевой фольги коэффициент ше роховатости 1,3.

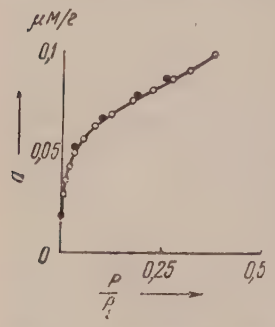


Рис. 3. Адсорбция паров бензола на поверхности золота при 18°

Выпуклый характер первичной изотермы адсорбции (кривая *1*) свидетель ствует о том, что мы имеем дело с адсорбцией типа электростатической по действием сил зеркального отображения. Активной в отношении адсорбции является вся поверхность адсорбента.

После десорбции при 18° на адсорбенте остается (необратимо удержан ной) около 0,155 μM/г воды. Если считать, что это количество воды покры вает поверхность золота мономолекулярным слоем, то, пользуясь най денной нами удельной поверхностью, получим, что каждая молекула воды занимает на поверхности золота площадку 17 Å². Эта величина существен но отличается от принятого значения 14,8 Å² и от данных Гаркинса и Джура 13,8 Å² (⁶), однако она очень хорошо совпадает с площадкой, занимаемой каждым атомом золота на его поверхности (16,55 Å²). Следовательно, в пре делах ошибки опыта, каждому атому золота на его поверхности соответст вует одна молекула прочно связанной воды, а площадка, занимаемая моле кулой воды на поверхности золота, определяется не только размерами са мой молекулы воды, но и параметрами кристаллической решетки.

В настоящее время нами ведутся работы по уточнению этих данных и увеличению точности исследования, так как при существующем методе точность измерений не является достаточной. Это видно хотя бы из того что весь эффект адсорбции паров воды на нашем образце при $P/P_s = 0{,}5$ равный $5{,}7 \cdot 10^{-6}$ г, измерен в лучшем случае с точностью 50%.

В заключение выражаю глубокую благодарность акад. М. М. Дубинину и В. М. Лукьяновичу за постоянное внимание и ценные советы и Н. Н. Мос квитину за помощь, оказанную при выполнении некоторых длительных измерений.

Институт физической химии
Академии наук СССР

Поступило
10 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Б. П. Беринг, К. А. Иойлева, Изв. АН СССР, ОХН, 1955, № 1, [2] Б. П. Беринг, К. А. Иойлева, Изв. АН СССР, ОХН, 1955, № 2, 21 [3] Б. П. Беринг, В. В. Серпинский, ДАН, 94, № 3, 497 (1954). [4] А. П. Ка наухов, А. В. Киселев, Е. В. Храпова, ДАН, 92, № 2, 361 (1953) [5] R. Bouers, Phyl. Mag., 44, 467 (1953). [6] С. Брунауер, Адсорбция газов и па ров, ИЛ, 1948, стр. 724.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Н. А. ТОРОПОВ, Б. В. ВОЛКОНСКИЙ и В. И. САДКОВ

К ВОПРОСУ О ПОЛИМОРФИЗМЕ ДВУХКАЛЬЦИЕВОГО СИЛИКАТА

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 21 VII 1956)

Двухкальциевый силикат является одним из главнейших минералов портдцементного клинкера. Поэтому вопрос изучения процесса полиморфпревращений двухкальциевого силиката всегда привлекал внимание гих исследователей.

Полиморфные превращения двухкальциевого силиката изучались разными методами: петрографическим, при котором устанавливались разия в модификациях по оптическим константам, рентгенографическим, амическим или методом кривых нагревания и охлаждения и, наконец, ическим, или методом мгновенного охлаждения — «закалок».

Двухкальциевый силикат в свое время был определен в трех модификах α, β и γ. В дальнейшем рядом исследователей указывалось на существоие еще β'- и α'- модификаций двухкальциевого силиката.

Бредиг ([1]) считает, что наряду с α-модификацией C_2S, изоморфной с $_2SO_4$, существует также еще и α'-$2CaO \cdot SiO_2$, изоморфная с ромбической мой β-K_2SO_4 и устойчивая в пределах между высокотемпературной рмой и 850°. Ф. И. Васенин ([2]), используя метод кривых нагревания хлаждения, установил существование формы C_2S, которую относит -C_2S. Позже Тромелем и Моллером ([3]) также отмечалось существование $_2S$. Заальфельд ([4]) в своей работе также подтверждает существование $_2S$.

Интересные данные приводит Метцгер ([5]). Он считает общераспространенмнение, что C_2S в портландцементном клинкере присутствует исключичьно в виде β-C_2S или α-C_2S. Подобная точка зрения была подтверждена сом ([6]) в 1952 г. в его докладе на Международном конгрессе по химии ента в Лондоне. Однако он отметил возможность присутствия и α'-ификации. Метод моделирования, предложенный Гольдшмидтом ([7]) ючается в использовании низкоплавкой системы NaF — BeF_2 в качемодели системы CaO — SiO_2. Эти работы были продолжены Тило ([8]). ученные им результаты в значительной мере совпадают с вышеуказанми результатами непосредственных исследований C_2S; так, например, a_2BeF_4 — модели для C_2S — появляется в качестве стабильной модифии при наивысшей температуре гексагональная решетка кристаллов, рая, так же как и α-C_2S имеет структуру типа Na_2SO_4.

При изучении полиморфизма двухкальциевого силиката нами был приен метод высокотемпературных ионизационных рентгенограмм. На вытемпературной ионизационной рентгеноструктурной установке нам лось проследить процесс полиморфных превращений двухкальциевого ката, установить температурные границы этих превращений, выявить α'-модификации двухкальциевого силиката и получить их рентгеноические характеристики. В качестве исходного материала была взята, анее установившейся классификации, γ-модификация двухкальциевого ката.

При нагреве γ-модификация C_2S до 760° имеет кристаллическую решетку, характеризующуюся тремя сильными диффракционными максимумами, которые имеют значения межплоскостных расстояний d/n = 3,00 Å; 2,73 Å; 1,90 Å и соответственно интенсивности I/I_1 = 100, 53 и 41. При температуре 760° решетка γ-модификации начинает изменяться, и в интервале температур от 760° до 900° фиксируется β-модификация двухкальциевого силиката, решетка которой, как известно, имеет, два характерных, сильных диффракционных максимума: 2,77 и 2,73 Å, и соответственно интенсивность I/I_1 = =100 и 92.

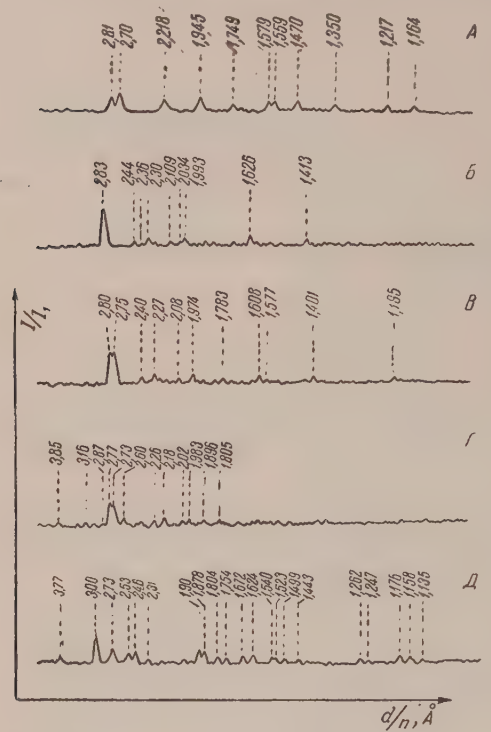


Рис. 1. Ионизационные рентгенограммы пяти полиморфных модификаций двухкальциевого силиката. *А* — α-модификация, *Б* — α′-модификация, *В* — β′-модификация, *Г* — β-модификация, *Д* — γ-модификация

Затем, при температуре 900° β-модификация двухкальциевого силиката переходит в модификацию, обозначенную нами β′. Эта модификация существует до температуры 1230° и имеет следующую рентгенографическую характеристику наиболее ярких диффракционных максимумов d/n = 2,80 Å; 2,75 Å; 2,27 Å; 1,97 Å; 1,608 Å; 1,401 Å, и соответственно интенсивности I/I_2 = 100, 74, 22, 22, 28 и 28.

При повышении температуры до 1230° мы наблюдаем опять перестроение кристаллической решетки двухкальциевого силиката, и в этом интервале температур фиксируется особая структура, которую мы относим к α′-модификации двухкальциевого силиката.

α′-Модификация двухкальциевого силиката имеет рентгенографическую характеристику главнейших диффракционных максимумов со следующими значениями d/n : 2,83 Å; 2,30 Å и 1,62 Å, с соответственными интенсивностями I/I_1: 100, 18 и 23.

При поднятии температуры выше 1420° решетка α′-модификации двухкальциевого силиката переходит в известную высокотемпературную α-модификацию.

При охлаждении наблюдаются те же переходы полиморфных модификаций в обратном порядке.

Температурная граница перехода β′-модификации в β-модификацию сдвигается в сторону снижения температуры до 650°, а температура перехода β-модификации в γ-модификацию сдвигается до 450°.

Таблица 1

β′-Модификация		α′-Модификация	
d/n, Å	I/I_1	d/n, Å	I/I_1
2,80	100	2,83	100
2,75	74	2,44	9
2,40	11	2,36	4
2,27	22	2,30	18
2,08	6	2,109	4
1,974	22	2,034	4
1,783	6	1,993	4
1,608	28	1,626	23
1,577	6	1,413	14
1,401	28		
1,195	11		

Использованный метод ионизационных рентгенограмм позволил непосредственными записями ионизационных рентгенограмм при высоких температурах установить существование β′- и α′-модификаций двухкальци

силиката и получить их рентгенографические характеристики . 1).

3 табл. 1 приводятся численные значения диффракционных максимумов к интенсивностей и межплоскостных расстояний в кристаллической ре-ке β'- и α'-модификаций двухкальциевого силиката.

Всесоюзный научно-исследовательский институт «Гипроцемент»

Поступило 28 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] M. A. Bredig, J. Am. Chem. Soc., **63**, № 9 (1941); J. Phys. Chem., **46**, 801 2); Am. Minerol., **28**, 594 (1943); J. Phys. Chem., **49**, 537 (1945); J. Am. Ceram. Soc., № 6 (1950). [2] Ф. И. Васенин, ЖПХ, **21**, 10 (1948). [3] G. Tromel, H. Mël-, Zement-Kalk-Gips, 5, № 8 (1952). [4] H Saalfeld, Ber. d. Deutsch. Keram. llsch., **30**, 185 (1953). [5] A. Metzger, Zement-Kalk-Gips, **6**, 269 (1953). W. Nurse, Proc. 3 Intern. Symp. on the Chem. of Cement, London, 1952, p. 56. M. Goldschmidt, Skrift. Norske Videnskaps-Akad. Oslo, 1 Mat.-Natur-Kl., № 8, 7 (1927). [8] E. Thilo, H. Al. Lehmann, Zs. anorg. Chem., H. 3—5, 332 (1949).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ГЕОХИМИЯ

О. В. ШИШКИНА

ИЛОВЫЕ ВОДЫ ТИХОГО ОКЕАНА И ПРИЛЕГАЮЩИХ МОРЕЙ

(Представлено академиком А. П. Виноградовым 20 VII 1956)

О солевом составе вод, пропитывающих морские и океанские осадки (иловых вод), в литературе имеются весьма немногочисленные сведения, относящиеся к самым верхним слоям осадков ([1,2]).

Вертикальное распределение известно только для отдельных элементов солевого состава, так Бруевичем ([3,4]) исследованы в иловых водах — хлор и щелочной резерв, Кулленбергом ([5]) — хлор, Эмери и Риттенбергом ([6]) — хлор и сульфаты *.

Исследование солевого состава иловых вод, проведенное в химической лаборатории Института океанологии Академии наук СССР показало существенную разницу в характере изменений этих вод с глубиной в зависимости от типа осадков ([7]). В осадках, бедных органическим веществом (I тип), содержатся воды морского типа, с некоторыми изменениями концентраций отдельных компонентов (повышение отношений $K^{\cdot}/Cl'$, $Na^{\cdot}/Cl'$ и понижение $Mg^{\cdot\cdot}/Cl'$). В осадках, сравнительно богатых органическим веществом (II тип), констатированы воды, по содержанию основных, определяющих тип воды компонентов, резко отличные от морской. Эти метаморфизированные иловые воды, как было показано ([7, 8]), имеют сходство с хлоридно-щелочными, бессульфатными водами нефтяных месторождений. В этой связи представляет интерес выяснение закономерности распространения метаморфизированных иловых вод по площади дна океана и морей.

Кроме ранее изученных и описанных иловых вод были исследованы иловые воды, полученные во время широко проводившихся в северо-западной части Тихого океана в 1953—1955 гг. работ на экспедиционном судне «Витязь». Иловые воды были отжаты под давлением из проб осадков, отобранных из колонок. Из каждой колонки — в зависимости от ее длины — отжаты и исследованы иловые воды из нескольких слоев по вертикали. В полученных водах были определены хлор, бром, щелочной резерв, сульфат-ион, натрий, калий, кальций, магний (аммоний). Методы отжимания и исследования описаны нами ранее ([9]). В осадках было определено содержание органического углерода по методу Кнопа**. На рис. 1 приводится схематическая карта станций, на которых были взяты колонки осадков, из которых получены и исследованы иловые воды. В табл. 1 приведены наиболее характерные показатели метаморфизации иловых вод, а именно величина щелочного резерва, содержание иона аммония и отношения $SO_4^{\cdot\cdot}/Cl'$, $Ca^{\cdot\cdot}/Cl'$ и Cl'/Br'.

В иловых водах осадков, бедных органическим веществом (I тип), эти показатели близки к таковым морской воды, а изменения их с глубиной по колонке незначительны, в то время, как в водах осадков, обогащенных органическим веществом, происходит значительное и систематическое повышение щелочного резерва, увеличение концентрации иона аммония и брома, понижение содержания сульфатов и кальция, что приводит к понижению

* Мы не касаемся здесь работ, посвященных распределению в иловых водах биогенных элементов: P, Si и т. д.

** Иловые воды отжаты в лаборатории судна «Витязь» А. А. Неждановым и А. Л. Минкиной. Определение органического углерода производилось в отделе сравнительной литологии Института геологических наук АН СССР и частично автором.

ношений SO_4''/Cl', Ca''/Cl' и Cl'/Br'. С глубиной по колонке содержание ганического углерода, в слоях, близких по гранулометрическому составу, к правило несколько понижается с глубиной ([10],[11]). Как отмечалось Л. Безруковым ([10]), в Охотском море относительное обогащение осадков ганическим веществом наблюдается в нижней части материкового скло- и на материковой отмели, а также приурочено к осадкам котловин ИНРО и Дерюгина). В Тихом океане обогащение органическим веществом рактерно для осадков окраин, по сравнению с центральной частью.

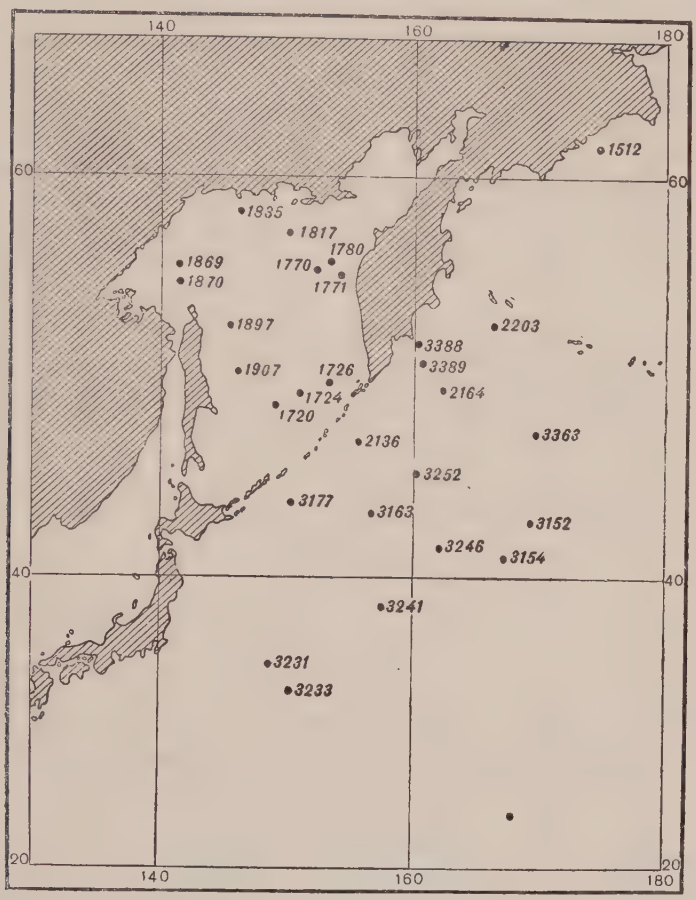


Рис. 1

Полученные данные показывают, что распространение метаморфизированных иловых вод с отличным от морской воды химическим составом в общих чертах совпадает с распространением осадков с повышенным содержанием органического вещества. Так, в Охотском море метаморфизированные иловые воды найдены в осадках котловин ТИНРО и Дерюгина (ст. 1771, 1780, 1907), в осадках мелководных участков моря, на севере (ст. 1817, 1835) и северо-западе (ст. 1869, 1870). В Беринговом море — в осадках прибрежной 1512 станции. Напротив, в южной, глубоководной части Охотского моря, в гранулометрически более грубых и имеющих сравнительно пониженное содержание органического вещества осадках наблюдаются иловые воды (ст. 1720, 1724), мало отличающиеся от морской воды.

В Тихом океане исследованы осадки, содержащие низкий процент органического вещества и слабометаморфизированные иловые воды. Исключением являются осадки Курило-Камчатской глубоководной впадины

Таблица 1

Изменение показателей метаморфизации иловых вод в зависимости от содержани в осадках органического углерода

№№ станций	Глубины моря (в м)	Содержание $C_{орг}$ в верхнем слое осадков (в %)	Расстояние от дна самого нижнего исследованного слоя (в см)	Показатели метаморфизации иловых вод (данные для самого нижнего исследованного слоя)				
				щелочной резерв $\left(\text{в } \frac{\text{мг-экв}}{\text{кг}}\right)$	количество NH_4 $\left(\text{в } \frac{\text{мг-экв}}{\text{кг}}\right)$	SO_4''/Cl'	Ca^{++}/Cl'	Cl'/Br
Тихий океан								
2164	5570	0,50	223—248	4,5	0,2	0,138	0,021	293
2203	4800	0,20	318—338	9,1	0,2	0,121	0,020	279
3152	5660	0,29	415—435	1,8	—	0,149	0,020	292
3154	5660	0,56	499—522	2,9	0,1	0,140	0,020	295
3163	5430	0,48	1135—1150	5,4	0,2	0,130	0,021	288
3231	6066	0,63	288—316	4,0	0,3	0,140	0,021	279
3233	5973	0,40	300—330	2,0	0,1	0,141	0,023	285
3241	5706	—	417—445	5,7	0,2	0,154	0,021	293
3246	5694	0,33	443—485	3,5	0,2	0,147	0,022	—
3252	5397	0,66	366—381	6,1	0,1	0,141	0,023	278
3363	6282	0,16	402—432	3,5	0,1	0,146	0,023	278
Курило-Камчатская глубоководная впадина								
2136	8087	0,80	230—251	6,2	—	0,160	0,023	—
3177	6860	1,20	395—420	25,3	1,5	0,031	0,012	272
3388	7640	1,00	113—170	11,1	1,0	0,109	0,020	276
3389*	5978	0,96	200—247	8,4	0,6	0,121	0,021	283
Охотское море								
1720	996	0,70	385—400	4,9	0,1	0,136	0,022	291
1724	1335	0,45	395—408	5,0	0,5	0,140	0,021	298
1726	815	1,10	310—320	7,8	—	0,124	0,020	291
Котловина ТИНРО								
1770	526	—	260—270	17,8	1,3	0,069	0,016	261
1771	729	1,45	200—215	37,6	—	0,022	0,013	250
1780	964	1,55	470—480	42,8	2,9	0,007	0,014	249
Котловина Дерюгина								
1897	1740	1,72	352—380	26,9	0,4	0,073	0,018	289
1907	1388	1,44	516—530	26,9	—	0,046	0,016	281
Районы шельфа на севере и северо-западе Охотского моря								
1817	214	1,59	166—176	18,0	1,3	0,086	0,020	274
1835	146	2,15	265—275	24,2	2,4	0,065	0,020	265
1869	178	1,78	87—97	4,6	0,6	—	—	277
1870	244	1,72	185—195	21,4	1,7	—	—	259
Берингово море, прибрежный район								
1512	85	1,33	210—232	29,1	—	0,016	0,007	303

* Станция взята у края Курило-Камчатской впадины.

с повышенным количеством органического вещества (ст. 3177). Иловые воды этих осадков претерпевают более глубокую метаморфизацию, приводящую к коренному изменению солевого состава иловой воды.

О темпах метаморфизации иловых вод в океанских, бедных органическим веществом осадках дает представление изменение с глубиной солевого состава иловой воды в колонке со ст. 3163 (табл. 2).

Данные этих анализов показывают, что изменения в составе иловых вод столь невелики, что нового типа вод, на протяжении больших глубин (около 12 м), а следовательно, в течение многих сотен тысяч лет не образуется. Такой медленный темп метаморфизации иловых вод указывает и на крайне медленное течение процессов диагенеза.

Говоря о генетической связи пластовых вод земной коры с иловыми водами ([12]), нельзя ожидать какой-либо связи с водами осадков океанских глубин. Происхождение пластовых вод может быть связано с иловыми водами

Таблица 2

нение с глубиной по колонке основного солевого состава иловых вод (станция 3163. Тихий океан, глубина 5430 м)

ой в онке см)	Характер осадка	Содержание $C_{орг}$ в осадках (в %)	Содержание в водах (в мг-экв/кг)									
			Br'	Cl'	SO_4''	щелочной резерв	Σ анионов	Na'	K'	Ca''	Mg''	Σ катионов
–65	Глинистый ил с примесью алеврита и песка	(0,48)*	0,81	546	56,7	2,9	606	471	12,1	19,3	102	604
–107	То же	—	0,81	550	56,6	3,0	610	—	—	—	—	—
–125	Мелкоалевритовый ил с примесью крупного алеврита	—	0,81	542	56,0	3,6	602	471	13,5	19,2	99	603
–250	То же	0,29	(0,8)	545	55,3	3,9	605	471	12,4	19,3	102	605
–323	Мелкоалевритовый ил плотный, комковатый		(0,8)	548	54,3	5,0	608	475	12,3	19,4	100	607
–550	Глинистый ил с примесью мелкого алеврита	(0,36)	0,83	555	55,1	5,0	616	482	12,9	19,6	102	617
–632	Глинистый ил с примесью алеврита	—	0,83	551	53,9	5,2	611	479	—	19,5	—	—
–830	То же	—	0,82	550	55,7	5,3	612	474	12,0	19,5	107	613
–960	Мелкоалевритовый ил	0,57	0,85	547	52,2	5,4	605	480	13,2	—	—	—
–1041	Глинистый ил с примесью алеврита		0,84	557	53,4	5,9	617	483	12,6	19,7	101	616
–1150	То же	0,23	0,85	554	53,3	5,4	614	482	12,2	19,6	101	615

Примечание. Содержание NH_4^+ — порядка 0,1—0,2 мг-экв/кг по всей колонке.

* Данные в скобках не вполне точно отвечают указанному слою.

ских окраин, так как, с одной стороны, все известные в настоящее время ские осадочные породы представляют собой отложения шельфов или лубоких морей, а основная масса глубоководных океанских осадков, как ечал Л. В. Пустовалов ([13]), до сих пор не выведена на земную поверхгь и остается под уровнем океана; с другой стороны морской тип вод кеанских осадках, как мы видели, сохраняется в течение многих сотен яч лет.

Распространение метаморфизированных иловых вод по площади морей кеана в общих чертах определяется распространением осадков, обоганых органическим веществом. Последнее определяет направление и инсивность процесса формирования иловых вод отличного от морской воды ического состава, а следовательно,— и характер диагенетического минеобразования. Формирование этих вод приурочено к участкам шельфа и аинным глубоководным впадинам, что полностью подтверждается полуными нами аналитическими данными, приведенными в табл. 1 и 2.

Институт океанологии
Академии наук СССР

Поступило
18 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] J. Murray, L. R. Irvine, Trans. Roy. Soc. Edinb., **37** (1895). [2] М. В. Клеа, Геология моря, 1948. [3] С. В. Бруевич, ДАН, **84**, № 6 (1952). В. Бруевич, ДАН, **105**, № 3 (1955). [5] B. Kullenberg, On the salinity e water contained in marine sediments, Göteborg, 1952. [6] K. Emery, S. Ritberg, Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., **36**, № 35 (1952). [7] О. В. Шишкина, О сом составе иловых вод морских осадков, Автореферат кандидатской диссертации, Инст. имии и аналитической химии им. Вернадского, АН СССР, М., 1955. [8] О. В. Шиша, ДАН, **105**, № 6 (1955). [9] О. В. Шишкина, Тр. Инст. океанол. АН СССР, 956). [10] П. Л. Безруков, ДАН, **103** № 2 (1955). [11] А. П. Лисицын, ДАН, № 2, (1955). [12] А. П. Виноградов, Тр. Биогеохим. лаб., **5**, 19 (1939). [13] Л. В. Пувалов, Петрография осадочных пород, М.— Л., 1940.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

БИОХИМ

Г. В. АНДРЕЕНКО

О БЕЛКОВОЙ ПРИРОДЕ ТРОМБОТРОПИНА

(Представлено академиком В. Н. Шапошниковым 2 X 1956)

В ходе изучения свойств и природы тромботропина было показано, тромботропин является веществом белковой природы ([1,2]). Его влияние процесс свертывания крови заключается в активации протромбокиназы к ви и тканей, которая осуществляет в присутствии ионов кальция прев щение протромбина в тромбин ([3,4]). При выделении тромботропина из пл мы крови методом фракционирования охлажденным спиртом по мет Кона максимальная активность была обнаружена во фракции, содержа α- и β-глобулины ([5]).

Для решения вопроса, к какой же группе глобулинов относится тром тропин, а также с целью получения активных очищенных препаратов эт вещества мы применили метод электрофоретического разделения бел плазмы на крахмале с последующим анализом гомогенности получен фракций белка электрофорезом на фильтровальной бумаге.

Материал и метод. Электрофоретическое разделение на кр мале белков плазмы крови крысы осуществлялось методом Кункеля в приборе из плексигласа, изготовленном по типу, описанному Гурвичем Картофельный крахмал предварительно промывался водой и раствором ф фатного буфера (М/20, с pH 7,0—7,2). На том же буферном растворе из кр мала готовилась паста и заливалась в прибор. После отстаивания избы раствора удалялся фильтровальной бумагой. Получался пласт крахм размером 30 × 10 × 1 мм. 5 мл оксалатной плазмы крысы смешивал с 11 г крахмала. Эта паста наносилась в канавку шириной 1 см, вырезан в пласте крахмала на расстоянии 9 см от анода. Для защиты от испаре слой крахмала закрывался пластинкой плексигласа. Соединение с сосуда в которые были опущены электроды, осуществлялось при помощи полос фильтровальной бумаги. Разделение белков плазмы производилось постоянном токе, получаемом от лампового выпрямителя. Сила тока 13 ма, напряжение 400 в. Продолжительность электрофореза 45—48 при температуре 3°. Разделение контролировалось красителем Эва Т-1824, связывающимся альбуминами.

После выключения тока пласт крахмала разрезался на полоски ши ной 1 см, каждая из которых элюировалась 5—10 мл физиологического твора. После упаривания экстрактов (в целофановых мешочках в токе духа при комнатной температуре) до 2—3% сухого вещества в них пр рялась активность тромботропина, а также методом электрофореза на маге устанавливалась гомогенность и принадлежность полученной фр ции белка.

Электрофорез на бумаге осуществлялся в приборе, описанном Гур чем ([7-9]). Полоски фильтровальной бумаги Б-1 и хроматографической размером 40 × 3 см подвешивались в камере из плексигласа на стеклян палочках. Предварительно полоски кипятились в течение 10 мин. в веро

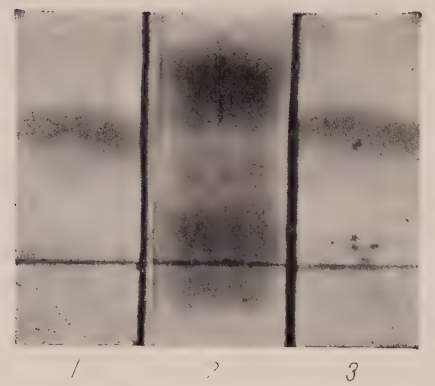


Рис. 1. Электрофореграммы сыворотки крови крысы (*2*) и активных фракций из плазмы крови крысы (α-глобулины) (*1* и *3*)

Рис. 2. Электрофореграммы сыворотки крови крысы (*1*), неактивных альбумина (*2*) и γ-глобулина (*4*) и активной фракции α-глобулина (*3*)

овом буфере (pH 8,6, ионная сила 0,1). Тем же буфером заполнялись кюеты с электродами. Пробы сыворотки (0,01 мл) и растворов белка, полученных с крахмала после электрофоретического разделения плазмы, с помощью окровного стекла наносились на полоски бумаги на расстоянии 2 см от ее ентра в сторону катода. Камера плотно закрывалась крышкой, и включался ок. Электрофорез осуществлялся при комнатной температуре при силе ока 2,2 ма (0,125 ма на 1 см ширины бумаги) и при напряжении 300 в 7,5 в на 1 см длины полосок).

Продолжительность электрофореза была 18—20 час. После выключения тока полоски высушивались в течение 30 мин. при температуре 110—20° и в течение 16 час. окрашивались в растворе красителя следующего остава: 0,01% бром-фенолсиней, 5% уксусной кислоты и 5% $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$. Избыток красителя отмывался 2%-й уксусной кислотой 3 раза в течение 5,5 и 10 мин., а затем полоски выдерживались 2 мин. в растворе, одержащем 2% ацетата натрия и 10% уксусной кислоты. Полоски отжимались чистой фильтровальной бумагой и в течение 8—10 мин. одсушивались при 110—120° ([10]).

Результаты. При разделении плазмы крысы на крахмале с вероналовым буфером (pH = 8,6; ионная сила 0,1) экстракты всех участков крахмального пласта не обладали активностью тромботропина. После замены вероналового буфера фосфатным с pH = 7,1 — 7,2 некоторые фракции показали заметную активность.

Таблица 1

Распределение активности тромботропина в различных белковых фракциях плазмы (время свертывания, в сек.)

№№ опытов	Смесь I контроль	Смесь II						
		глобулины					альбумины	
		γ	β	β	α	α		
14	28	28	23	—	12	18	26	28
18	37	37	29	25	15,5	18	21,8	37
19	31	32	29,5	27	14,5	12	21	31
33	36	37	37	35	16,5	12,5	28,5	34,5
39	29,5	29	25	—	11	22	24	27
41	30	30	31	31	15	15	27,5	28
43	33	33	32	25	25	20	28	33,5
44	35	35	35	29,5	15	22	23	34
45	36	35	32	20,5	17	16	28,5	34,5
46	38	38	38	30,5	18	19	22,8	29
47	28	28	28	20	18	20	—	—
48	37	34	33	33	15	19	33	37

Примечание. Смесь I: 0,1 мл плазмы человека; 0,1 мл 0,0025 *M* $CaCl_2$ и ,1 мл тромбопластина из мозга крысы. Смесь II: 0,1 мл плазмы человека; 0,1 мл ,0025 *M* $CaCl_2$ и 0,1 мл смеси III, состоящей из 3 частей тромбопластина и 1 части дного из экстрактов полосок крахмала (смесь III инкубируется 10 мин. при 37°). ктивность тромботропина определялась по методу, описанному Кудряшовым ([1]).

Данные, представленные в табл. 1, показывают, что фракция γ-глобулинов полностью лишена активности тромботропина. Во фракциях, содержащих глобулины и альбумины, в некоторых опытах наблюдается небольшая ктивность, но это лишь в полосках крахмала, расположенных рядом с теми, в которых находятся глобулины. По-видимому, осмотический ток жидкости заносит активное вещество несколько дальше. Фракция, содержащая -глобулины, всегда оказывалась активной.

Изучение проб активных фракций при помощи электрофореза на филь
ровальной бумаге подтвердило, что тромботропин связан с α-глобулино
плазмы (см. рис. 1 и 2).

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
11 VIII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Б. А. Кудряшов, ДАН, 60, 1469 (1948). [2] Г. В. Андреенко, ДА
61, 1117 (1948). [3] Б. А. Кудряшов, П. Д. Улитина, ДАН, 77, 673 (195
[4] Б. А. Кудряшов, Т. М. Калишевская, ДАН, 96, 1029 (1954). [5] Г. В. А
дреенко, ДАН, 108, 895 (1956). [6] H. G. Kunkell, D. Y. Slater, Proc. So
Exp. Biol. and Med., 80, 40 (1952). [7] F. V. Flynn, P. De Mayo, Lancet, 2, 235 (195
[8] Н. А. Кравченко, О. И. Самарина, М. Г. Крицман, Биохимия, 18,
(1953). [9] А. Е. Гурвич, Лаб. дело, 3, 3 (1955). [10] W. P. Jeneks, M. R. Ietto
E. L. Durrum, Biochem. J., 60, 205 (1955).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

БИОХИМИЯ

Т. М. КАЛИШЕВСКАЯ

ВИДОВАЯ СПЕЦИФИЧНОСТЬ ПРОТРОМБОКИНАЗЫ КРОВЯНЫХ ПЛАСТИНОК И ТРОМБОТРОПИНА

(Представлено академиком В. Н. Шапошниковым 5 X 1956)

Проведенные ранее исследования (1) показали, что кровяные пластинки, ак же как и мозг, являются источником протромбокиназы, в то время как лазма содержит ее активатор — тромботропин.

Изучение видовой специфичности тканевой протромбокиназы и тромбоиназы показало (2), что протромбокиназа мозга и тромботропин имеют спеифическую видовую структуру, причем большей видовой специфичностью бладает протромбокиназа, а не тромботропин. Тромбокиназа же лишена той специфичности в том отношении, что она способна быстро осуществять превращение протромбина в тромбин в различных видах плазмы.

В настоящей работе основное внимание было уделено изучению видовой пецифичности протромбокиназы кровяных пластинок, которая в этом отошении совершенно не изучена. Эксперименты, проведенные нами с мозовой протромбокиназой, давали лишь материал для сравнения с данными, олучаемыми при изучении свойств протромбокиназы крови.

Материал и методика. В работе использовалась свежая ксалатная плазма человека и животных (крысы, морские свинки, кролики, ошади и петухи).

Кровяные пластинки выделялись из плазмы обычным методом фракционого центрифугирования при охлаждении (1—3°) (1). Антикоагулянтом рови при этом служил 5%-й раствор цитрата натрия с растворенным в нем епарином, в таком количестве, чтобы конечная концентрация гепарина во зятой крови составляла 0,05% (6).

Отмытые кровяные пластинки помещались в солевой раствор (0,85%-й аствор хлористого натрия), взятый в объеме, равном объему плазмы, из оторой были выделены пластинки. Экстракция протекала в течение 2—3 час. ри охлаждении (1—3°) и при постоянном помешивании.

Посуда, употребляемая для выделения пластинок, предварительно порывалась силиконом.

Протромбокиназа из ткани мозга человека и указанных выше животных риготовлялась обычным методом (4).

Для активации протромбокиназы кровяных пластинок и протромбоиназы мозга использовался тромботропин плазмы человека или того или ругого вида животных. Активация производилась ранее описанным метоом (5).

Полученные после активации препараты тромбокиназы брались в эксеримент только после проверки на отсутствие примеси тромбина. Контролем во всех опытах служило время свертывания плазмы при рекальцикации:

0,1 мл $CaCl_2$ + 0,1 мл NaCl + 0,1 мл плазмы.

Результаты эксперимента. Экспериментальный материал, олученный при изучении действия протромбокиназы мозга, кровяных платинок и тромботропина в присутствии ионов кальция на процесс свертыания крови человека и различных видов животных, представлен в табл. 1—3.

Таблица 1

Время (в сек.) свертывания оксалатной плазмы крови человека и разных видов животных при различных комбинациях тромбогенных компонентов

Компоненты свертывания	Человек	Крыса	Морская свинка	Кролик	Лошадь	Петух
А. $CaCl_2$ + NaCl + + плазма	(25) * 130,6	(37) 65,8	(30) 54,3	(26) 82,4	(25) 218,7	(12) 289,3
Б. $CaCl_2$ + протромбокиназа кров. пласт. + + плазма	(25) 83,3	(37) 37,5	(30) 38,2	(26) 61,0	(25) 149,5	(12) 225,6
В. $CaCl_2$ + протромбокиназа кров. пласт., активир. тромботропином, + плазма	(25) 49,6	(37) 12,2	(30) 12,1	(26) 23,8	(25) 143,1	(12) 190,2
Г. $CaCl_2$ + протромбокиназа мозга + плазма	(10) 93,3	(15) 38,6	(30) 37,8	(10) 67,4	(10) 153,0	(10) 220,8
Д. $CaCl_2$ + протромбокиназа мозга, активир. тромботропином, + плазма	(10) 89,4	(15) 32,6	(30) 26,6	(10) 63,9	(10) 139,0	(10) 202,6

Примечание. Протромбокиназа и тромботропин во всех случаях одного вида с плазмой. Исходная активность протромбокиназы мозга предварительно доводилась путем разбавления до активности протромбокиназы пластинок.

* В скобках указано число обследованных людей или животных.

Из данных табл. 1 видно, что оксалатная плазма человека и перечисленных видов животных в присутствии оптимальной концентрации ионов Ca свертывается медленно, но в течение определенного времени, характерного для каждого вида (см. вариант *А*). Добавление в указанную реакцию протромбокиназы кровяных пластинок или соответственно протромбокиназы мозга значительно ускоряет процесс свертывания (*Б*, *Г*). Предварительная активация протромбокиназы кровяных пластинок или протромбокиназы мозга тромботропином собственной плазмы ведет к еще большему повышению скорости свертывания плазмы (*В*, *Д*).

Анализ опытного материала выявляет некоторые отличия в свойствах протромбокиназы кровяных пластинок и протромбокиназы мозга одного и того же вида. Экспериментальные данные ясно говорят о том, что как протромбокиназа мозга (в большей степени), так и протромбокиназа кровяных пластинок (в меньшей степени), обладают выраженной видовой специфичностью. Действительно, из табл. 2 видно, что протромбокиназа мозга морской свинки обладает резко выраженной видовой специфичностью.

Протромбокиназа мозга этого вида не только не увеличивает скорость свертывания плазмы человека, крысы, лошади и петуха, но значительно замедляет ее по сравнению со скоростью свертывания при простой рекальцификации.

Как было показано ранее ([3]), протромбокиназа морской свинки максимально активируется только тромботропином морской свинки и не активируется тромботропином плазмы человека, крысы и др.

В отличие от протромбокиназы мозга морской свинки, протромбокиназа кровяных пластинок этого вида способна активироваться чужеродным в видовом отношении тромботропином так же, как и тромботропином собственной плазмы, но степень активации может быть различной. Как правило, в большинстве случаев наибольшая активация протромбокиназы мозга и кровяных пластинок осуществляется тромботропином собственной плазмы (табл. 3).

Таблица 2

емя свертывания (в сек.) при рекальцификации оксалатной плазмы крови человека разных видов животных с участием протромбокиназы кровяных пластинок или протромболиназы мозга и соответствующей тромбокиназы этих же видов

Компоненты свертывания	Плазма крови					
	человека	крысы	морской свинки	кролика	лошади	петуха
Протромбокиназа человека						
$CaCl_2$ + NaCl + плазма	130,6	64,7	74,4	88,3	226,5	240,0
$CaCl_2$ + экстр. кров. пласт. + + плазма	83,3	51,6	56,4	65,4	151,6	137,5
$CaCl_2$ + экстр. кров. пласт., обраб. тромботропином, + плазма	49,6	45,7	49,5	55,8	143,2	109,3
. $CaCl_2$ + экстр. мозга + плазма	93,3	61,4	73,4	83,3	197,8	356,8
. $CaCl_2$ + экстр. мозга, обраб. тромботропином, + плазма	89,4	54,8	69,8	70,7	182,2	244,0
Протромбокиназа морской свинки						
$CaCl_2$ + NaCl + плазма	110,7	63,8	54,3	73,3	215,0	267,6
$CaCl_2$ + экстр. кров. пласт. + + плазма	65,0	44,7	38,2	43,6	88,0	236,5
$CaCl_2$ + экстр. кров. пласт., обраб. тромботропином, + плазма	21,1	23,2	12,1	32,8	42,0	183,5
. $CaCl_2$ + экстр. мозга + плазма	145,5	69,8	37,8	69,3	222,6	289,0
. $CaCl_2$ + экстр. мозга, обраб. тромботропином, + плазма	30,0	28,7	26,6	34,1	59,7	188,7

Примечание. Тромбокиназа получалась путем активации протромбокиназы зга или кровяных пластинок тромботропином собственной плазмы.

Тромбокиназа, образовавшаяся в результате активации протромбокиазы тромботропином, полученным от человека и некоторых видов животных, способна ускорять свертывание плазмы различных видов. Это относится как к тромбокиназе мозга, так и к тромбокиназе кровяных пластинок.

При изучении видовой специфичности представляло интерес сравнить заимодействие некоторых компонентов крови филогенетически далеких дов. Для этой цели использовалась кровь и экстракты из мозга и из кровных пластинок человека, крысы, морской свинки, кролика, лошади и стракты из тромбоцитов петуха.

Было установлено (см. табл. 3), что протромбокиназа мозга человека и ех указанных видов животных совершенно не активируется плазмой туха.

Экстракт из тромбоцитов птицы, предварительно обработанный собственной плазмой, дает только крайне незначительное ускорение при свертывании собственной плазмы (т. е. плазмы птицы), плазмы человека и лошади.

Эти результаты свидетельствуют о том, что в тромбоцитах петуха, в отличие от кровяных пластинок млекопитающих содержится очень небольшой запас тромбопластического вещества, которое по своей природе, по-видимому, не тождественно протромбокиназе кровяных пластинок млекопитающих. Что же касается наличия в плазме птицы (петуха) тромботропина, то на основании полученных данных можно прийти к следующему заключению. По-видимому, в плазме петуха содержится очень небольшое количество тромботропиноподобного вещества, которое способно активировать тромбопластическое вещество тромбоцитов из крови данного вида птицы.

Таблица 3

Время (в сек.) свертывания оксалатной плазмы крови человека и разных видов животны различных видовых сочетаниях протромбокиназы и тромботропина в присутствии ион при кальция

Протромбокиназа	Тромботропин	Плазма крови					
		человека	крысы	морской свинки	кролика	лошади	петух
Кровяных пластинок							
	человека	49,6	24,2	29,2	41,0	130,2	153,
	крысы	53,3	12,2	24,2	24,3	107,2	185,
Того же вида, что	морской свинки	46,8	17,3	12,1	17,9	101,6	201,
и плазма	кролика	50,7	25,7	26,7	23,8	81,1	185,
	лошади	87,8	33,4	35,6	33,5	143,1	201,
	петуха	105,4	41,8	41,0	64,3	152,6	190,
Человека		49,6	44,2	40,3	53,4	85,1	132,
Крысы		21,7	12,2	19,7	30,5	62,8	171,
Морск. свинки	того же вида, что	25,0	28,3	12,1	31,0	48,6	220,
Кролика	и плазма	48,3	26,7	24,6	23,8	92,8	170,
Лошади		94,0	50,2	35,4	61,6	143,1	276,
Петуха		101,0	93,3	44,9	82,7	191,2	190,
Мозга							
	человека	89,4	39,5	43,3	58,5	142,2	242,
	крысы	90,7	32,6	39,3	47,5	124,4	216,
Того же вида, что	морской свинки	88,8	35,1	26,6	40,6	129,6	200,
и плазма	кролика	90,0	48,5	42,0	63,9	127,6	260,
	лошади	89,9	46,7	35,8	61,0	139,0	265,
	петуха	136,8	50,3	46,2	82,8	178,0	232,
Человека		89,4	54,4	63,8	98,6	155,2	401,
Крысы		46,0	32,6	43,2	85,4	128,6	259,
Морск. свинки	того же вида, что	171,6	57,1	26,6	74,3	186,9	292,
Кролика	и плазма	76,5	44,6	44,1	63,9	189,6	298,
Лошади		139,6	64,7	35,0	57,0	139,0	315,
Петуха		61,3	65,7	38,7	64,3	148,2	232,

В связи с этим возникает вопрос о специфических особенностях процесса свертывания крови у петуха в первой фазе, т. е. при взаимодействии про тромбокиназы с тромботропином.

Приведенный выше экспериментальный материал по изучению видовых особенностей в реакции активации протромбокиназы тромботропином сви детельствует о наличии существенных различий между двумя видами тром бопластического вещества, а именно: а) протромбокиназа тканевая (мозга) в ряде случаев имеет резко выраженную видовую специфичность, проявляю щуюся в отсутствие активации протромбокиназы мозга тромботропином плазмы некоторых видов; б) протромбокиназа кровяных пластинок не об ладает столь резко выраженной видовой специфичностью.

Активация протромбокиназы пластинок во всех случаях происходит однако степень активации различна и зависит от видового сочетания взя тых в реакцию компонентов.

Тромбокиназа кровяных пластинок, так же как и тромбокиназа мозга человека и соответствующих видов животных, лишена видовой специфич ности в том отношении, что она способна ускорять превращение протром бина в тромбин в плазме разных видов.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
4 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Б. А. Кудряшов, Т. М. Калишевская, ДАН, **96**, 1029 (1954). [2] П. Д. Улитина, Б. А. Кудряшов, ДАН, **77**, 673 (1951). [3] Б. А. Кудря шов, П. Д. Улитина, ДАН, **84**, 563 (1952). [4] Б. А. Кудряшов, П. Д. Ули тина, А. А. Пугачева, Бюлл. эксп. биол. и мед., **11**, 99 (1941). [5] Б. А. Кудря шов, ДАН, **60**, 1469 (1948). [6] Т. М. Калишевская, Кандидатская диссертация МГУ, 1955.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

БИОХИМИЯ

Член-корреспондент АН СССР Н. М. СИСАКЯН, Р. М. БЕКИНА
и И. М. МОСОЛОВА

ЦИКЛОФОРАЗНОЙ АКТИВНОСТИ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Исследованиями последних лет с несомненностью установлено наличие структурных образованиях растительной клетки циклофоразной системы рментов, осуществляющей окислительное превращение ди- и трикарбовых кислот ([1–5]). Циклофоразная активность была обнаружена в струкрах, выделенных как из этиолированных ([1,2,5]), так и из зеленых растей ([3–5]). Однако вопрос о ее локализации на тех или иных структурах льзя считать окончательно выясненным. Часть исследователей считает, о активность сосредоточена исключительно на структурах митохониального типа. По мнению других циклофоразная активность сосредочена в хлоропластах. Вполне понятно, что идентификация структурсителей тех или иных биохимических функций представляется задачей рвостепенной важности для выяснения физиологической роли их в обмене етки.

В настоящем сообщении излагаются данные, касающиеся как структурй локализации циклофоразной активности, так и некоторых особенностей нкционирования этой системы ферментов в растительном организме. ротиворечивые экспериментальные данные о локализации циклофоразной тивности являются, очевидно, результатом недостаточно строгого разделея структур. Стремясь определить, какого же рода структуры обладают тивностью, мы проводили более дробное разделение гомогената и исслевали активность одновременно в разных фракциях структур.

Опыты проводились на 2—3-недельных проростках гороха, сорт «Побетель», выращенных в условиях водной культуры. Внутриклеточные руктуры выделялись следующим образом: растения измельчались в плегласовой ступке со смесью, содержащей сахарозу (0,5 *M*), этилендиаминтраацетат (0,005 *M*) и К-фосфатный буфер (0,006 *M*, pH 7,3—7,4). Растея кашица отжималась через полотно и из полученного гомогената выделись центрифугированием при различных значениях *g* три фракции руктур. 1-я фракция осаждалась в течение 10 мин. при 3000 *g*, 2-я и 3-я акции— в течение 15 мин. соответственно при 5500 *g* и 12500 *g*. Выделенне таким образом фракции структур промывались смесью, применявшейся я измельчения растений, и суспендировались в минимальном объеме 0,5 *M* харозы. Все операции проводились при 0— + 5°. О циклофоразной активсти судили по разнице в поглощении O_2 в опытной и контрольной пробах. оглощение O_2 определялось манометрическим методом в аппарате Варрга. В качестве субстрата окисления использовалась янтарная кислота. акционная смесь содержала 2 мл суспензии структур, янтарную кислоту 02 *M*), адениловую кислоту (0,001 *M*), $MgSO_4$ (0,001 *M*), сахарозу (0,4 *M*), фосфатный буфер (0,01 *M*) pH 7,3—7,4. Инкубация продолжалась в тече 1 часа при 25°. Данные приводятся в µл O_2 на 1 мг общего азота, опреленного по микрокьельдалю.

Из кривых рис. 1, на котором представлены типичные для нескольки опытов данные по распределению циклофоразной активности в различны фракциях структур, видно, что циклофоразная активность у зеленых расте ний, выращенных в условиях комнатного освещения (кривые *I*), сосредото чена главным образом во фракции частиц, осаждающихся в интервал между 3000 и 5500 *g*. Поглощение O_2 в этой фракции частиц за счет окислени янтарной кислоты составило за 1 час 145 μл O_2/мг N и сопряжено с погло щением неорганического фосфора. Небольшая активность (22 μл O_2/мг N обнаруженная в первой фра ции (3000 *g*), указывает на то что структуры, обладающи циклофоразной активностью начинают осаждаться при ско ростях центрифугировани несколько более низких, че 3000 *g*. Активность отсутст вовала во фракции самых мел ких частиц, осаждающихся интервале 5500—12500 *g*. Ми кроскопический контроль по казал, что исследуемые фра ции представлены двумя ви дами структур: целыми, также частично разрушенны ми хлоропластами и част цами правильной округло формы, по размерам во мно раз меньше целых хлоропл стов. Первая фракция—оса дающаяся при 3000 *g* — с стоит в основном из хлор пластов и их фрагментов и небольшом количестве, в ви де примеси, из мелких стру тур. Обратное количестве ное соотношение структ характерно для второй, на более активной фракции. Э фракция в основном содерж мелкие структуры с небол шой примесью хлоропластов и их сблемков. При микроскопирован третьей фракции в поле зрения обнаруживаются в очень небол шом числе, скорее всего в качестве загрязнения, структуры, осажда щиеся во второй фракции, т. е. при 5500 *g*, и никаких других видимых стру тур нет.

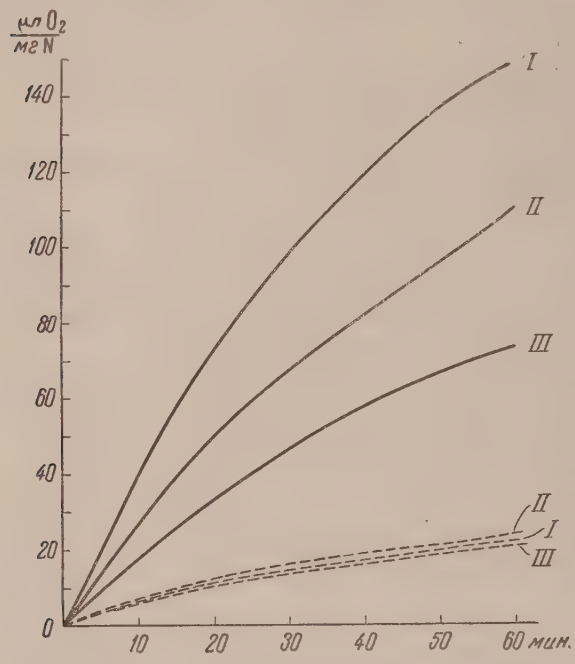


Рис. 1. Циклофоразная активность в различных фракциях клеточных структур из проростков гороха: *I* — зеленые растения, выращенные при комнатном освещении, *II* — этиолированные растения, *III* — зеленые растения, выращенные при низких температурах. Пунктирные кривые соответствуют фракции, осажденной 3000 *g*; сплошные — при 5500 *g*

Из приведенных данных совершенно очевидно, что различный характ распределения циклофоразной активности по фракциям связан с неодинак вым распределением структур. Таким образом установление более точн границ скоростей центрифугирования при соответствующем цитологическ изучении активной фракции позволит в дальнейшем сделать определен заключение о природе структур, содержащих циклофоразную активнос

В связи с обнаружением известных различий в обмене фотосинтезиру щих и этиолированных растений представляло интерес произвести пар лельное исследование последних в отношении распределения циклофораз активности в различных фракциях структур. Оказалось (см. рис. 1, кривые *I* что характер распределения циклофоразной активности у этиолирован и зеленых растений совершенно одинаков. Опыты показали, что у этиоли ванных растений активностью (110 μл O_2/мг N за 1 час) обладает в основ

орая фракция. Как и в случае зеленых растений небольшая активность наруживается во фракции частиц, осаждающихся при 3000 *g*, и полностью сутствует во фракции, осаждающейся при 12500 *g* *.

Обнаруженные нами величины активности были довольно высокими как зеленых, так и у этиолированных растений. Однако при некоторых усло-ях определить циклофоразную активность очень трудно: она или незна-тельна или полностью отсутствует. Так, исследуя растения, выращенные различных условиях, мы обнаружили некоторые особенности функциони-вания циклофоразной системы, зависящие, по-видимому, от состояния мого организма и тех конкретных условий, в которых происходит рост развитие растений.

Приведенный материал касался данных, полученных на зеленых расте-ях, выращенных при комнатном освещении и на этиолированных расте-ях. Оказалось, что циклофоразной активностью не обладают или обла-ют в очень незначительной степени структуры, выделенные из зеленых стений, выращенных в летний период времени в условиях естественного вещения при температурах 20—25°. Следовательно, циклофоразная актив-сть находится в определенной зависимости от температурных условий. и сравнительно высоких температурах (20—25°) активность цикла наруживается только в условиях недостаточного освещения, как, пример, у полностью этиолированных и зеленых растений, вы-щенных при комнатном освещении. Содержание хлорофилла у послед-х (в первых двух фракциях структур), определенное в спиртовой вытяжке ектрофотометрическим методом, было невысоким: отношение хлорофилла общему азоту составляло 0,3—0,35. Циклофоразная активность у расте-й, получающих достаточное количество световой энергии, проявляется лько при низких температурах: например, при выращивании растений сеннее время года, когда температура воздуха составляет +2° — + 12°. ривые *III* на рис. 1 характеризуют распределение циклофоразной активности фракциям у растений, выращенных при естественном освещении в осен-е время года, которое не отличается от такового у частично и полностью иолированных растений. Как и прежде, закономерность такова, что наи-льшей активностью обладает вторая фракция, активность незначительна первой фракции и полностью отсутствует в третьей фракции.

В связи с открытием фотосинтетического фосфорилирования ([7]), обеспе-вающего наряду с процессом окислительного фосфорилирования при нкционировании цикла Кребса и рядом других процессов энергетиче-ий обмен клетки, полученные нами факты наводят на мысль о том, что зиматическая система окисления кислот ди- и трикарбонового цикла вклю-ется в процессе обмена веществ при строго определенных условиях. При ом функционирование системы, по-видимому, во многом обусловливается только температурными условиями и интенсивностью освещения, но, к нам представляется, и качественным составом света. Одной из возмож-х причин включения циклофоразной системы ферментов в обмен веществ ганизма может быть необходимость поддержания определенного уровня ергии в условиях, когда иные пути притока ее в организм затруд-ны.

Таким образом, подытоживая полученные нами данные, можно сделать ключение, что циклофоразная активность локализована только на опре-ленных структурах, осаждающихся в интервале 3000—5500 *g*. Функцио-рование циклофоразной системы определяется условиями роста и раз-тия организма, в частности интенсивностью освещения и температурными

* Когда наша экспериментальная работа была уже завершена, появилось сообще-Смилли ([6]), в котором автором определялось распределение циклофоразной актив-ти по фракциям структур из гороха. Смилли было обнаружено, что активностью адают частицы, осаждающиеся в интервале 1200—6700 *g* (т. е. в интервале несколько ее широком, чем у нас). Причем по данным автора, этот интервал оказался ершенно одинаковым для зеленых и этиолированных растений.

условиями. В условиях достаточно интенсивного освещения активнос
обнаруживается при выращивании растений при низких температура
При сравнительно высоких температурах активность проявляется у эти
лированных и зеленых растений, выращенных в условиях недостаточно
освещения.

Поступило
9 I 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] A. Millerd, J. Bonner, B. Axelrod, R. Bandurski, Proc. Nat. Aca
Sci., 37, 855 (1951). [2] J. Bonner, A. Millerd, Arch. Biochem. Biophys., 42, 1
(1953). [3] Н. М. Сисакян, И. М. Мосолова, Биохимия, 19, 485 (1954). [4] T. Ohmur
Nature, 176, 467 (1955). [5] R. M. Smillie, Austr. J. Biol. Sci., 8, 186 (1955). [6] R.
Smillie, Austr. J. Biol. Sci., 9, 339, 347 (1956). [7] D. I. Arnon, M. B. Alle
F. R. Whatley, Nature, 174, 394 (1954).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Академик В. А. КАРГИН, Б. М. КОВАРСКАЯ, Л. И. ГОЛУБЕНКОВА,
М. С. АКУТИН и Г. Л. СЛОНИМСКИЙ

БЛОК-ПОЛИМЕР НА ОСНОВЕ ФЕНОЛЬНО-ФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ И НИТРИЛЬНОГО КАУЧУКА

В последнее время в литературе появилось большое количество работ, освященных получению и исследованию новых видов полимеров — при-тых и блок-полимеров. Эти полимеры были получены в основном химиче-ими методами и с приме-нением ультразвука ([1–8]).

Нами получен блок-олимер фенольно-фор-альдегидной новолачной молы с нитрильным кау-уком с помощью «меха-ического» метода, т. е. етода, вызывающего де-рукцию полимера при нтенсивном механическом оздействии.

В результате разрыва язей, возникающего при еханической деструкции, полимерах образуются ободные радикалы, вза-модействие которых при-одит к образованию блок-олимеров.

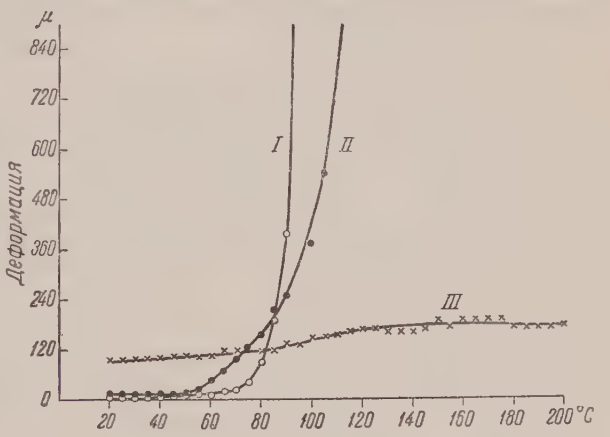


Рис. 1. Зависимость деформации от температуры (приложенное напряжение $\sigma = 0{,}07$ кГ/см²): *I* — фенольно-формальдегидная смола, *II* — блок-полимер на основе новолачной смолы и нитрильного каучука (100 : 33), *III* — нитрильный каучук

Механическое воздей-вие на полимеры осуществлялось нами на приборе, аналогичном писанному в литературе ([9]), состоящем из 2 улиток с небольшим зазором ежду ними, одной неподвижной, другой — вращающейся со скоростью об/мин. Процесс ведется без подогрева, в среде инертного газа. Время, обходимое для образования данного блок-полимера, — 4—5 мин.

Полученный полимер резко отличается от исходных компонентов, обла-я значительной прочностью, незначительным удлинением и способностью олностью растворяться в ацетоне и бензоле (новолачная смола растворима ацетоне и нерастворима в бензоле, нитрильный каучук растворим в ацето-е и бензоле).

Блок-полимер был получен при соотношении фенольно-формальдегид-ой новолачной смолы и нитрильного каучука 100 : 33 (весовых частей).

Термомеханическое исследование полученного полимера, проведенное динамометрических весах (рис. 1), показало, что он отличается по струк-уре от нитрильного каучука и сохраняет способность к течению при срав-ительно невысоких температурах, характерную для новолачных смол.

Блок-полимеры были получены также и при других соотношениях новолачной смолы и нитрильного каучука (100 : 100, 100 : 50, 100 : 25 (рис. 2).

С увеличением содержания нитрильного каучука в блок-полимере, последний характеризуется большей эластичностью, но даже при соотношении 100 : 100, эластичность блок-полимера оказывается значительно более низкой, чем у исходного каучука. Низкомолекулярная новолачная смола практически не обладает эластичностью, являясь хрупким телом.

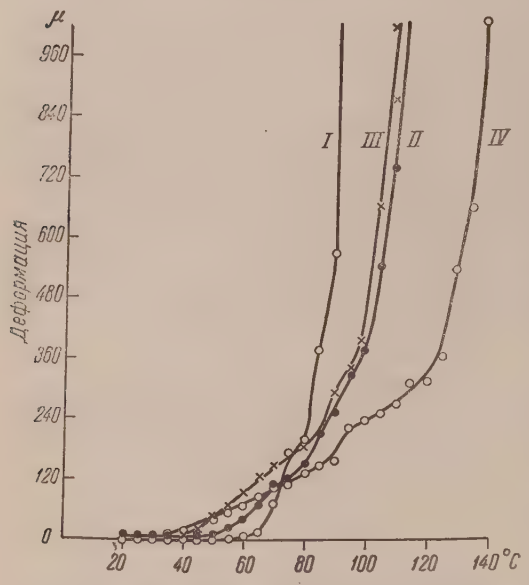


Рис. 2. Зависимость деформации от температуры для блок-полимера на основе фенольно-формальдегидной новолачной смолы и нитрильного каучука при соотношении исходных компонентов: *I* — 100 : 25, *II* — 100 : 33, *III* — 100 : 50, *IV* — 100 : 100 (приложенное напряжение $\sigma = 0{,}07$ кГ/см²)

Новолачно-каучуковый блок-полимер хорошо прессуется, и при введении гексаметилентетрамина, аналогично новолачной смоле, способен к отверждению.

Отвержденный блок-полимер по своему термомеханическому поведению подобен отвержденным фенольно-формальдегидным смолам-резитам.

В данном случае в блок-полимере, по-видимому, также образуется пространственная структура, что подтверждается установлением равновесия при воздействии на образец постоянного напряжения, а также значительным падением растворимости образца в ацетоне.

Равновесный модуль эластичности отвержденного гексаметилентетрамином блок-полимера при 160° соответствует 70 кГ/см²; равновесный модуль эластичности фенольно-формальдегидного резита в аналогичных условиях составляет 4500 кГ/см².

Государственный научно-исследовательский и проектный институт пластических масс

Поступило 6 IX 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] H. Mark, Angew. Chem., **67**, 2, 53 (1955). [2] H. Melville, Trans. Am. J. Plast. Inst., **23**, 53, 146 (1955). [3] R. Hayes, J. Polym. Sci., **11**, 531 (1953). [4] A. Dunn, B. Stead, H. Melville, Trans. Farad. Soc., **50**, 279 (1954). [5] A. Woodward, G. Smets, J. Polym. Sci., **17**, 83, 51 (1955). [6] G. Bloomfield, Rubber World, **131**, 3, 358, 418 (1954). [7] C. Bamford, A. Jenkins, Nature, **176**, 4471, 78 (1955). [8] A. Henglein, Makromol. Chem., **14**, 2/3, 128 (1954). [9] W. Watson, D. Wilson, J. Sci. Instr., **31**, 398 (1954).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ГЕОЛОГИЯ

О. И. БОГУШ и О. В. ЮФЕРЕВ

ФОРАМИНИФЕРЫ И СТРАТИГРАФИЯ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КАРА-ТАУ И ЗАПАДНЫХ ОТРОГОВ ТАЛАССКОГО АЛА-ТАУ

(Представлено академиком Н. С. Шатским 18 VII 1956)

Первые сведения о геологическом строении Кара-Тау получены во второй половине прошлого века в результате работ И. В. Мушкетова и Г. Д. Романовского; более углубленное изучение геологии Кара-Тау производилось в первой четверти нашего столетия В. Н. Вебером и М. М. Бронниковым, а также Д. В. Наливкиным ([1–5]).

После Октябрьской революции геологические исследования в Кара-Тау принимают более широкие масштабы ([6–9]). В результате этих работ на основании изучения брахиопод в каменноугольных отложениях Кара-Тау выделены нижний, средний и верхний турне и визе от нижнего до верхнего включительно. Тогда же впервые упоминаются находки в карбоне Кара-Тау форaминифер, никем, однако, не изучавшихся. В 1953 г. фораминиферы из нескольких разрезов девонских и каменноугольных отложений Кара-Тау определялись А. М. Куликовой. Систематическое изучение фораминифер из каменноугольных отложений Кара-Тау производилось в 1953—1956 гг. авторами настоящей статьи, работавшими в составе Южно-Казахстанской экспедиции Московского геолого-разведочного института им. С. Орджоникидзе и Казахского геологического управления. Всего было изучено около 3000 шлифов из 25 разрезов. Большая часть изученных разрезов расположена в хребте Большой Кара-Тау (Боролдайский хребет, Центральный Кара-Тау и Северо-западный Кара-Тау); несколько разрезов изучено в Малом Кара-Тау и в западных отрогах Таласского Ала-Тау. Брахиоподы из разрезов обрабатывались М. И. Щербаковой, кораллы определялись Т. А. Добролюбовой.

В результате проделанной работы в каменноугольных отложениях и верхней части подстилающих их девонских отложений Кара-Тау и западных отрогов Таласского Ала-Тау установлено девять основных фаунистических комплексов, последовательно сменяющих друг друга в разрезе:

I. Комплекс однокамерных фораминифер (архесфер, паратураммин, губеритин, редких Uralinella и Syniella) и верхнедевонских брахиопод.

II. Комплекс с эндотирами группы Endothyra communis Raus., содержащий наряду с большим количеством однокамерных фораминифер эндотиры из группы Endothyra communis Raus., самое Endothyra communis Raus. и Quasiendothyra kobeitusana Raus., характеризующие слои этрень Центрального Казахстана, а в Европейской части СССР — зону массовой Endothyra communis и нижележащую зону Septatournayella rauserae. Кроме перечисленных видов, в этом комплексе содержатся редкие Septatournayella rauserae Lip., а также Endothyra parakosvensis Lip., E. cf. latispiralis Lip. forma minima, E. antiqua Raus., Septaglomospiranella primaeva (Raus.). Присутствие последних можно рассматривать как свидетельство в пользу каменноугольного возраста отложений с данным комплексом.

В Малом Кара-Тау слои с рассматриваемым комплексом представлены известняками и доломитами, в Талласском Ала-Тау — светлыми известняками и покрывающими их темно-серыми искристыми доломитами. В Центральном Кара-Тау сюда относятся известняки с Endothyra communis Raus.

Аналогами этих отложений, по-видимому, являются известняки с Productus aff. kassini Nal. (6), а также известняки и доломиты базального и искристого горизонтов (9) с однокамерными фораминиферами, единичными эндотирами, аммобакулитами, гиперамминами и брахиоподами Spirifer kurban Nal.

III. Комплекс многочисленных однокамерных фораминифер, гиперамминин и редких верхнетурнейских эндотир.

В составе этого комплекса присутствуют многочисленные архесферы, паратураммины из группы P. cushmani Sul., туберитины, Hyperammina elegans Raus. et Reitl., H. minima Bir., H. aljutovica Reitl., Paracaligella antropovi Lip. и редкие, приуроченные обычно к верхней части отложений с рассматриваемым комплексом, Endothyra rjausakensis N. Tchern., E. recta Lip. и др.

Положение этого комплекса выше комплекса с эндотирами группы Endothyra communis Raus. и ниже отложений с богатым типично верхнетурнейским комплексом фораминифер позволяет рассматривать его как нижнетурнейский.

Таким образом, к нижнему турне должны быть отнесены: в Малом Кара-Тау известняки с однокамерными фораминиферами, лежащие выше слоев с массовой Endothyra communis Raus. и ниже отложений с богатым типично верхнетурнейским комплексом фораминифер; в Таласском Ала-Тау и в Бороздайском хребте белые массивные известняки, подстилаемые доломитами с комплексом II и покрываемые известняками верхнего турне (с комплексом IV); в Центральном Кара-Тау—турланский, бельмазарский, искристо-полосчатый и аксайский горизонты (9,11).

IV. Комплекс многочисленных верхнетурнейских эндотир и других фораминифер, а также брахиопод и кораллов.

В этом комплексе, наряду с переходящими из предыдущего III комплекса многочисленными однокамерными фораминиферами, присутствуют также многочисленные эндотиры — E. tuberculata Lip., E. rjausakensis N. Tchern., E. kosvensis Lip., E. inflata Lip. и др., из других фораминифер — Quasiendothyra compta Schlyk., Brunsiina krainica (Lip.) и др., из брахиопод — Spirifer grimesi Hall., Sp. cinctus Kon. и др., а из кораллов—Caninia cylindrica Scouler.

Отложения верхнего турне повсеместно представлены толщей известняков с кремнями и богатой фауной; в Центральном и Северо-западном Кара-Тау эти отложения известны под названием оргайлысайского горизонта (11).

V. Комплекс многочисленных брахиопод (Productus pugilis Phill., Pr. pinguis M. Wood. и др.) и фораминифер (Archaediscus spirillinoides Raus., Tetrataxis eominima Raus. и др.). Приведенные виды свидетельствуют о визейском возрасте содержащих их отложений, а не верхнетурнейском, как думали раньше (6). Archaediscus spirillinoides Raus. особенно характерен для нижнего визе. Отсутствие в V комплексе видов, характерных только для среднего визе и встречающихся в вышележащем VI комплексе, позволяет рассматривать V комплекс как нижневизейский. В Малом Кара-Тау нижний визе представлен известняками, песчаниками и конгломератами; в Таласском Ала-Тау песчанистыми известняками; в Большом Кара-Тау это известняки, песчаники и аргиллиты казанбузарского горизонта (11), покрывающие их мшанковые известняки и нижняя часть вышележащей известняковой толщи.

VI. Комплекс с многочисленными фораминиферами и брахиоподами, из которых ряд форм в других районах СССР не выходит за пределы среднего визе (Eostaffella ikensis var. tenebrosa Viss., E. proikensis Raus., Endothyra omphalota Raus. et Reitl. var. infrequentis Schlyk.), из брахиопод — Giganto-productus striatosulcatus Schw. В Малом Кара-Тау отложения среднего визе представлены конгломератами, а в Таласском Ала-Тау и Большом Кара-Тау — светлыми известняками.

VII. Комплекс с представителями группы Eostaffella pseudostruvei Raus. et Bel. и Archaediscus baschkiricus Krest. et Theod., не характерными

ля отложений древнее верхнего визе, и с типично верхневизейскими брахиоподами Gigantoproductus latissimus Sow., G. edelburgensis Phill.

Совместно с упомянутыми видами, позволяющими определить возраст рассматриваемого комплекса как верхневизейский, в нем присутствуют Eostaffella ikensis var. tenebrosa Viss., E. mediocris Viss. var. cupellaeformis Gan., Endothyra samarica Raus., E. convexa Raus., известные в Европейской части СССР только из среднего визе, а также многочисленные виды, известные от среднего до верхнего визе (Endothyra globulus Eichw., Eostaffella proikensis Raus. var. mstaensis Gan. и др.).

В Малом Кара-Тау верхний визе представлен конгломератами, в Таласском Ала-Тау и Большом Кара-Тау — известняками, обычно венчающими разрез палеозоя.

VIII. Комплекс характеризующийся присутствием Eostaffella pseudostruvei (Raus. et Bel.) var. angusta Kir., E. postomosquensis var. acutiformis Kir., Archaediscus postrugosus Reitl. В этом комплексе наряду с перечисленными видами, неизвестными в Европейской части СССР в отложениях древнее верхнего намюра, присутствуют Endothyra prisca Raus. et Reitl., Eostaffella mediocris Viss. var. cupellaeformis Gan., E. prisca var. ovoidea Raus. и другие виды, характерные для визе и неизвестные в более молодых отложениях. Кроме того, здесь встречаются многочисленные Globivalvulina ex gr. moderata Reitl. и другие виды, имеющие более широкое вертикальное распространение.

Из брахиопод отсюда М. И. Щербаковой определены Productus concinus Sow., Pr. productus (Mart.) и другие, в большинстве случаев тоже верхневизейские виды.

Одновременное присутствие верхневизейских и среднекаменноугольных видов затрудняет окончательное решение вопроса о возрасте комплекса. Известняки с этим комплексом встречены в Таласском Ала-Тау.

IX. Комплекс с многочисленными Pseudostaffella antiqua (Dutk.).

В этом комплексе, наряду с многочисленными Pseudostaffella antiqua (Dutk.), присутствуют Archaediscus postrugosus Reitl., Eostaffella pseudostruvei (Raus. et Bel.) var. angusta Kir., E. postmosquensis var. acutiformis Kir., Pseudostaffella composita Grozd. et Leb., Ozawainella aurora Grozd. et Leb., неизвестные в Европейской части СССР в отложениях древнее верхнего намюра. Приведенный комплекс фораминифер позволяет сопоставлять рассматриваемые отложения со слоями с Pseudostaffella antiqua (Dutk.) других районов СССР, относимыми многими исследователями к низам башкирского яруса среднего карбона ([10]). В Малом Кара-Тау это конгломераты и известняки, в Таласском Ала-Тау — известняки, перекрытые кое-где вулканогенными отложениями; средний карбон обнаружен также в ряде мульд в Центральном Кара-Тау, где он представлен известняками с конгломератами и песчаниками в основании.

Вышеизложенное показывает несомненное значение фораминифер и брахиопод для стратиграфии карбона Кара-Тау. В результате изучения фораминифер из карбона Кара-Тау установлено присутствие слоев с Endothyra communis, уточнен объем турнейского яруса, в частности положение верхней границы турне, выделены отложения среднего карбона и наметилось более детальное расчленение известняков турне и визе на основании рассмотренных фаунистических комплексов.

Поступило
11 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] И. В. Мушкетов, Туркестан, 1915. [2] В. Н. Вебер, Изв. Геол. ком., **44**, № 9 (1925). [3] М. М. Бронников, Изв. Геол. ком., **24**, в. 7—8 (1905). [4] Д. В. Наливкин, Изв. Геол. ком., **43**, в. 9 (1924). [5] Д. В. Наливкин, Очерк геологии Туркестана, Ташкент, 1926. [6] М. С. Волкова, Тр. Каз. геол. треста ГГУ ПКТП СССР, **19** (1936). [7] В. В. Галицкий, Бюлл. МОИП, **14**, № 4 (1936). [8] В. В. Галицкий, Изв. Всесоюзн. геогр. общ., **77**, № 4 (1945). [9] И. И. Машкара, Мат. по геол. и полезн. ископ. Казахстана, в. 1 (1939). [10] Е. А. Рейтлингер, Изв. АН СССР, сер. геол., № 3 (1954). [11] В. В. Эз, Сов. геол., сборн. 41 (1954).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ГЕОЛОГИЯ

А. С. ЕСКИН

К ГЕОЛОГИИ УШКАНЬИХ ОСТРОВОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ

(Представлено академиком Н. С. Шатским 26 VI 1956)

Геологическое строение Ушканьих островов до самого последнего времени изучено недостаточно. В частности, совершенно недостаточно изучен комплекс метаморфических докембрийских пород, слагающих коренное основание архипелага. В литературе по этому вопросу имеются лишь краткие, отрывочные сведения. И. Д. Черский относил породы, слагающие Ушканьи острова к верхнему ярусу Лаврентьевской системы. По В. В. Ламакину ([1,2]), Ушканьи острова сложены в южной своей части археем, а в северной — протерозоем.

В августе 1955 г. нами были проведены работы по изучению геологии докембрийского комплекса островов. По нашим наблюдениям Ушканьи острова сложены стратиграфически единой толщей осадочно-метаморфических пород, среди которых по количеству резко преобладают мраморы. Кроме мраморов, был отмечен также целый ряд других пород.

Рассматривая разрез в направлении с юга на север, мы наблюдаем следующую стратиграфическую последовательность (рис. 1).

1. Горизонт M_x^1. Диафторированные роговообманковые, пироксен-роговообманковые и, возможно, биотитовые плагиогнейсы и кристаллические сланцы. Видимая мощность до 50 м.

2. Горизонт M_x^2. Однообразная толща средне- и крупнозернистых мраморов белого, снежно-белого и светло-кремового цвета. Мощность до 900 м. Иногда в мраморах этого горизонта отмечаются редкие единичные кристаллы тремолита величиной до нескольких сантиметров.

3. Горизонт M_x^3. Роговообманково-плагиоклазовые сланцы и пара-амфиболиты. Мощность 120—150 м. К этой части разреза приурочены, повидимому, и квоциты, которые очень часто встречаются в россыпях вблизи выходов пород горизонта M_x^3. В коренных обнажениях эти породы не обнаружены.

4. Горизонт M_x^4. Белые, розовые, фиолетовые и местами серые полосчатые среднезернистые и крупнозернистые мраморы. Среди них отдельные участки брекчированных розовых, серых или фиолетовых известняков, с небольшими зонами отталькования. Мощность до 700 м.

5. Горизонт M_x^5. Разнообразные зеленые и зеленовато-серые породы. Они наблюдались вдоль северных мысов Большого острова и в нескольких обнажениях на Тонком острове. По составу среди них выделяются хлоритовые, хлорит-серицитовые, кварц-серицитовые, тальково-хлоритовые, хлорит-карбонатные, амфибол-биотит-скаполитовые породы и сланцы. Эти, несколько пестро метаморфизованные породы залегают совершенно согласно с мраморами горизонта M_x^4 и приурочены к северным частям разреза всей рассматриваемой толщи. Мощность от 1,5 до 100 м.

Несогласия и перерывы в пределах рассматриваемой толщи обнаружены не были. Базальные конгломераты, наличие которых предполагал В. В. Ламакин ([1, 2]), на площади островов также не найдены. Их отсутствие убедительно доказывается рядом горных выработок, пройденных в полосе пред-

олагаемого контакта архея и протерозоя. Брекчиевидные известняки по ем признакам относятся к тектоническим образованиям, и поэтому не огут служить доказательством перерыва или несогласия в пределах рас-атриваемого комплекса. В пользу тектонического происхождения говорят аличие многочисленных, несколько залеченных, милонитов, зеркал сколь-ения и небольшие зоны отальковання.

Магматические породы на площади архипелага Ушканьих островов меют незначительное распространение. В коренных обнажениях были встре-ны аплит и биотитовый гранит в виде согласных и секущих жил незначи-льной мощности; лишь в одном случае была отмечена жила мощностью 4 м. На северо-западном берегу острова в береговом уступе наблю-алось одиночное коренное обнажение авгитового порфирита.

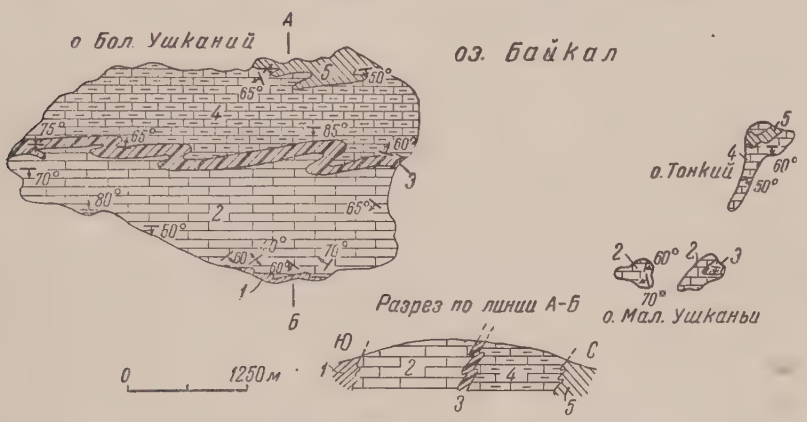


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Ушканьих островов: *1* — горизонт M_x^1, *2*— горизонт M_x^2, *3* — горизонт M_x^3, *4* — горизонт M_x^4, *5* — горизонт M_x^5

Все породы осадочного комплекса несут значительные следы метаморфиз-а. Он проявляется в полной или частичной перекристаллизации минералов сех пород и в относительно высокотемпературных ассоциациях минералов породах. Все породы обладают хорошо выраженными бластическими струк-урами. На фоне последних в единичных случаях отмечаются следы релик-овых структур в виде бластопсаммитовой структуры (в кварц-серицитовом ланце), или микролитовой интерсертальной структуры (в зеленом хлори-овом сланце).

Особо следует отметить наличие рудных минералов (халькопирит и пи-ит), довольно часто отмечаемых в мраморах обоих горизонтов, иногда виде довольно крупных (до 0,5 см) вкрапленников.

Породы рассматриваемого комплекса залегают в виде узкой прерыви-той полосы шириной в 2,5 км, протягивающейся вдоль Большого Ушканье-о острова и по малым островам. Взаимоотношения с другими древними ком-лексами определенного возраста не наблюдается. Невозможно также уста-овить положение подошвы и кровли толщи. В этом отношении косвенным ризнаком относительно большей древности может быть более значительный етаморфизм пород южных частей разреза.

Простирание толщи в целом широтное. Залегание толщи в пределах стровов можно охарактеризовать как моноклинальное с преобладающим рутым падением (до 85°) на юг. В обнажениях отмечаются многочисленные естные отклонения от широтной ориентировки. Это объясняется широким роявлением складчатости более высоких порядков, чем та крупная струк-ура, часть крыла которой мы наблюдаем. Трудность выявления складча-ых структур, осложняющих залегание толщи, заключается в том, что

площадь всех островов архипелага покрыта мощным (до 10 м и более) озерными, аллювиальными и делювиальными отложениями.

Кроме этого, выяснение характера складчатых структур значительно усложняют разрывные нарушения. Они проявляются в многочисленных зонах милонитизации, брекчирования и дробления пород. Выделяются две группы этих зон, причем отчетливо видна разница в их возрасте. Более древней, несомненно, является зона нарушения, протягивающаяся на Большом Ушканьем острове от северной части бухты Пещерка в широтном направлении. Эта зона сопровождается широкой полосой брекчированных известняков, узкими мелкими линзами милонитизированных оталькованных пород и милонитизированных мраморов. Для большей части пород этой зоны характерна фиолетовая или розовая окраска, по-видимому связанная с присутствием соединений марганца. Зона приурочена к мраморам горизонта M_x^4. Ее ширина непостоянна и достигает 400 м. Замеры элементов рассланцевания показали, что наряду с широтной ориентировкой зона имеет падение, близкое к вертикальному. На северо-западном берегу острова эта зона не прослеживается.

На Малых Ушканьих островах также отмечались отдельные небольшие участки аналогично измененных пород. Древний возраст этих зон дробления подтверждается высокой степенью залеченности трещин катаклаза и почти полной перекристаллизацией цемента брекчированных пород.

В отличие от этих зон нарушения в двух участках на Большом острове наблюдались молодые зоны дробления. Они сопровождаются многочисленными открытыми трещинами и пустотами. По стенкам последних отмечались многочисленные друзы и щетки грязно-буроватых полупрозрачных кристаллов карбоната величиной до 6 см и корочки кремнисто-известкового состава бурого цвета.

Как видно из приведенного выше описания, на площади Ушканьих островов вскрыта древняя, мощная, фаунистически не охарактеризованная стратиграфически единая толща осадочно-метаморфических пород с весьма своеобразным характером построения разреза и довольно «пестрыми» проявлениями метаморфизма. Отсутствие фаунистических остатков, удаленность от побережий оз. Байкала и отсутствие непосредственных контактов данной толщи с древними комплексами определенного возраста не позволяет сейчас уверенно и однозначно установить стратиграфическое положение рассматриваемого разреза. Во всяком случае, предположение об архейском возрасте толщи можно, без сомнения, отвергнуть, поскольку с типично архейскими образованиями Восточной Сибири этот комплекс не сопоставим. По всей вероятности рассматриваемый комплекс относится к образованиям нижнепротерозойского возраста.

Институт геологии Восточно-Сибирского филиала
Академии наук СССР

Поступило
26 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. В. Ламакин, ДАН, 79, № 6 (1951). [2] В. В. Ламакин, Ушканьи острова и проблема происхождения Байкала, М., 1952. [3] И. Д. Черский, Изв. Вост.-Сиб. отд. Русск. геогр. общ., Иркутск. 9, № 5—6 (1878). [4] И. Д. Черский, Зап. Вост.-Сиб. отд. Русск. геогр. общ., Иркутск, 13 (1886).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ГЕОЛОГИЯ

Т. Т. КЛУБОВА

О МИНЕРАЛОГИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД КРАСНОЦВЕТНОЙ ТОЛЩИ ПРИБАЛХАНСКОГО РАЙОНА ЗАПАДНОЙ ТУРКМЕНИИ

(Представлено академиком С. И. Мироновым 5 VII 1956)

В течение последних лет автором проводилось систематическое изучение минералогического состава песчано-алевритовых пород красноцветной толщи среднего плиоцена Прибалханского района Зап. Туркмении (1). Результаты исследования показали, что без привлечения глинистых пород, слагающих до 50% разреза, невозможно дать рациональную схему расчленения этой толщи. По методике, предложенной П. П. Авдусиным (2), автором была исследована небольшая коллекция глинистых пород из нефтеносной красноцветной толщи. Изучение минералогического состава глинистых пород проводилось иммерсионным методом. Глинистые породы первоначально были подвергнуты гранулометрическому анализу с выделением фракций в узких пределах. Для этого навеска породы (от 10 до 20 г), предварительно освобожденная от карбонатов и электролитов, гидравлическим способом делилась на две фракции: алевритовую ($>0{,}01$ мм) и пелитовую + коллоидальную. Затем на центрифуге, с помощью специальной воронки для улавливания коллоидов, фракция пелитовая + коллоидальная разделялась на две фракции: пелитовую с размером частиц от 0,01 мм до 0,0002 мм и коллоидальную с размером частиц $<0{,}0002$ мм. Коллоидальная фракция, осажденная из раствора электролитом (соляная кислота, алюмо-аммиачные квасцы), высушивалась и в дальнейшем специально не исследовалась. Микроскопически исследовались алевритовая и пелитовая фракции глин, которые были подвергнуты разделению по удельным весам (гравитационный анализ). Для разделения бралась жидкость Туле удельного веса 3; 2,78; 2,47; 2,20 и 1,80. При количественном подсчете минералов применялся интегральный метод, позволяющий получать более точные данные о массах отдельных минералов в изучаемых породах. Расчеты породообразующей и акцессорной частей как алевритовой, так и пелитовой фракций даны по отношению к массе соответствующей фракции.

В методике иммерсионного исследования пелитовых фракций были две особенности: 1) пелитовая фракция не высушивалась, 2) в качестве иммерсионной жидкости использовалась жидкость Туле, водные растворы которой различных удельных весов имеют различные показатели преломления.

Важнейшей особенностью глинистых пород красноцветной толщи является наличие примеси частиц размером больше 0,01 мм. Количество этих частиц в образцах глин из различных районов Прибалханской депрессии колеблется в пределах от 8 до 40%. Изучение уже только этих примесей в глинистых породах должно оказать существенную помощь при корреляции разрезов.

Породообразующими минералами алевритовой фракции глин являются кварц, полевые шпаты, хлориты и слюды.

Среди терригенных минералов акцессорной части присутствуют гранат (до 0,470%), рутил (до 0,014%), турмалин (от 0,03 до 0,13%), циркон (от

0,02 до 0,06%), минералы группы эпидот-цоизита (от 0,7 до 1%), хлорита, рудных и др.

Для граната характерны совершенно свежие, неправильно остроугольные обломки с раковистым или неровным изломом. Преобладают бесцветные разности, но часты и розовые со всеми оттенками от бледно-розового до интенсивно розового. Количества граната иногда настолько значительны, что он может быть использован в комплексе с другими минералами для целей корреляции. Рутил встречается в виде обломков разнообразной формы; присутствует постоянно, но в незначительных количествах. Зерна циркона чрезвычайно разнообразны по форме. Количественные соотношения обломков с тем или иным габитусом изменчивы в разных образцах. Помимо бесцветных, обычны разности желтого и розового цвета. Форма зерен турмалина, как правило, неправильно-призматическая. Распространены бурые и зеленые тона.

Обычным минералом тяжелой фракции является анатаз, который встречается чаще всего в виде прямоугольных пластинок по (001) и разнообразных сростков. Аутигенное происхождение анатаза не вызывает сомнения.

Что же касается таких минералов тяжелой фракции, как рутил, циркон и турмалин, то несмотря на благоприятные кристаллохимические данные (среднее координационное число, средняя симметрия и малый радиус ионов), позволяющие предполагать их возникновение из растворов в нормальных условиях осадочной оболочки земли, форма их нахождения в глинах убедительно свидетельствуют об их аллотигенном происхождении.

Для пелитовой фракции глин главнейшими компонентами являются аморфные образования гидратов кремнезема и глинозема, встречающиеся в виде бесформенных изотропных образований, монтмориллонит и железистые минералы группы глин (нонтроиты). В значительных количествах встречаются гидрослюды, цеолиты и гидрогематит. Однако и на долю кварца и полевых шпатов приходится до 30% от всей пелитовой фракции. Акцессорные минералы аналогичны встреченным в алевритовой фракции.

В образце глины из скважины Центрального Небит-Дага (глубина 2741—2747 м) в пелитовой фракции, помимо устойчивых минералов (гранат, циркон, турмалин, рутил и др.) и рудных, представленных магнетитом и ильменитом, обнаружены кварц (11,26%), полевые шпаты (13,11%), хлориты (4,845%), слюды (мусковит, биотит и слюды с включением рудных минералов) и другие минералы. Главную же массу пелитовой фракции этого образца составляют изотропные гидраты кремнезема и глинозема (44,07%). Это желто-зеленые, иногда совершенно бесцветные ($N = 1{,}516 \pm 0{,}004$), а иногда окрашенные в бурые тона окислами железа ($N = 1{,}565 \pm 0{,}002$) образования неправильной формы с острыми краями. Часто они пластинчатой формы и имеют агрегатное двупреломление $\Delta = 0{,}002$—$0{,}003$. Двупреломление никогда не бывает выше 0,003, чаще оно значительно ниже. Встречаются эти образования во фракции с удельным весом 2,20—1,80 и $< 1{,}80$.

Значительно также содержание (8,15%) железистых минералов группы глин (нонтронитов). К нонтронитам, мы вслед за И. И. Гинзбургом [3], относим железистые минералы группы монтмориллонита (ферримонтмориллониты и феррибейделлиты). Это минералы от желто-зеленого до коричневато-бурого цвета с высоким двупреломлением, иногда совершенно непрозрачным из-за густоты окраски. Встречаются во фракциях с разными удельными весами от 2,78 до $< 1{,}80$.

В небольшом количестве (1,88%) отмечались гидратизированные слюдистые образования. По распространенным в настоящее время представлениям [3] гидрослюдами обычно называют продукты перехода слюд в каолинит. В соответствии с этим им приписываются оптические константы (показатели преломления, двупреломления) промежуточные между мусковитом и каолинитом (N_g от 1,602 до 1,565 и Δ от 0,041 до 0,004).

Однако как в описываемом, так и во всех других изученных образцах

ин нами были обнаружены многочисленные гидратизированные слюди-ые образования, имеющие показатели преломления значительно ниже тео-етических (N_g = 1,550—1,548 и ниже), двупреломление Δ = 0,002—003, часто же совершенно изотропные.

В пелитовой фракции описываемого образца глины во фракциях 20—1,80 и <1,80 обнаружено значительное количество (около 1%) есцветных изотропных слюдистых образований с N = 1,5457.

Это свидетельствует о том, что гидрослюды являются весьма широкой руппой, как по материалу, послужившему основой для их образования и тадиям разрушения этого исходного материала, так и по оптическим кон-тантам.

Гравитационные фракции, обогащенные гидрослюдистыми образования-и с различными оптическими константами, могут в дальнейшем изучаться применением термического, рентгеновского и других методов с целью наи-олее точного диагностирования этой обширной группы минералов.

Хотя изучение органических образований в глинах не было целью нашего сследования, органическое вещество, основная масса которого сосредоточе-а во фракциях 2,20—1,80 и< 1,80, исследовалось одновременно с минераль-ыми компонентами этих фракций. В описывемом образце на долю органи-еских образований приходится 4,11%. Часть органического вещества мета-морфизована до графита.

Группа цеолитов составляет 3,61% пелитовой фракции. Цеолиты делят-я на две группы: цеолиты изотропные с показателем преломления ⩽1,509 цеолиты с таким же показателем преломления, но двупреломляющие, Δ = 0,003—0,004.

Во фракции 2,20—1,80 встречено несколько осколков (кислого, судя по удельному весу) вулканического стекла (N = 1,495).

Отдельные фракции гравитационного анализа этого образца (2,78—2,47; 2,47—2,20; 2,20—1,80) были исследованы термическим рентгеновским и электронномикроскопическим методами. Результаты этих исследований по породообразующей части пелитовой фракции подтвердили данные, получен-ные иммерсионным методом. Акцессорная часть, естественно, этими методами не была отражена.

В образце глины из опорной скважины Небит-Дага (глубина 2116,3—2117,10 м) значительная часть пелитовой фракции, так же как и в предыдущем случае, падает на кварц и полевые шпаты (27,0%), аморфные изотропные гидраты кремнезема и глинозема (21,5%), минералы монтмориллонитовой группы (10,738%) и гидрослюды (около 3%). Органическое вещество составляет 3,864% фракции. Около 1% приходится на пирит.

Породообразующая часть пелитовой фракции образца глины из естественного обнажения красноцветной толщи в центральной части полуострова Челекена состоит из монтмориллонита (35%), кварца и полевых шпатов (29,6%), хлоритов (12,78%), изотропных гидратов кремнезема и глинозема (20%) и гидрослюд (1%).

Разнообразен комплекс акцессорных минералов, представленный турмалином, цирконом, рутилом, гранатом, дистеном и др. Большой процент фракции (1,75%) приходится на лимонит и другие красные и бурые гидроокислы железа, обусловливающие красноватую окраску этого образца глины.

Пелитовая фракция образца глины из естественного обнажения красноцветной толщи на Сыртланлинской структуре на одну треть состоит из кварца и полевых шпатов (36,68%) и на одну треть из аморфных гидратов кремнезема и глинозема (32,25%).

Значительное распространение имеют гидрослюды. Как и в предыдущих случаях, гидрослюды отчетливо делятся как по удельному весу, так и по оптическим свойствам (показателю преломления и двупреломлению) на несколько групп. При этом, чем больше удельный вес гидрослюдистых минералов, тем выше их показатели преломления и двупреломления и наобо-

рот, так что во фракции удельного веса 1,80, как правило, сосредоточи ваются изотропные слюдистые чешуйчатые образования с низким значе нием N. Повидимому, это связано со степенью гидратации минерало группы гидрослюд.

Для выяснения соотношений различных фракций гравитационного со става алевритовой и пелитовой фракций изученных образцов глин были построены диаграммы (рис. 1). Для изученных пород характер кривых гра витационного анализа для пелитовых и алевритовых фракций оказался ана логичным и максимумы кривых для обеих фракций совершенно симметрич

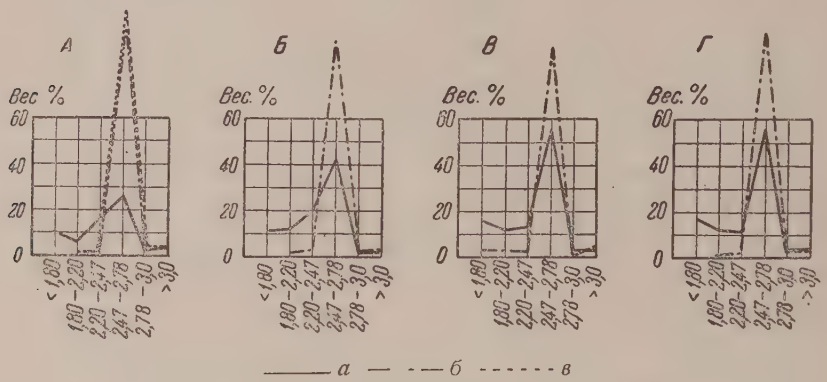


Рис. 1. Кривые распределения количества отдельных фракций гравитационного состава алевритовой и пелитовой фракций глин: *А*, *Б* — Небит-Даг, *В* — Челекен, *Г*—Сыртланли; сплошные — пелитовая, штрих-пунктир — алевритовая фракции глины, пунктирные — алевритовая фракция песка

ными, и лишь для пелитовой фракции удельного веса $<1,80$ наблюдался как бы второй максимум. Когда же на диаграмму гравитационного состава алевритовой и пелитовой фракций образца глины Небит-Дага была нанесена кривая гравитационного состава алевритовой фракции мелкозернистого песчаника из этого же интервала, то гравитационная кривая ее полностью совпала с кривой гравитационного состава алевритовой фракции глины (рис. 1). Это свидетельствует, по-видимому, о преимущественно обломочном происхождении глин красноцветной толщи.

Исследование минералогического состава глинистых пород красноцветной толщи дает возможность сделать следующие выводы.

1. Глинистые породы красноцветной толщи так же богаты минеральными видами, как и более крупнозернистые породы этих же отложений и, кроме того, обогащены по сравнению с ними минералами группы глин.

2. Эта особенность минералогического состава глинистых пород дает возможность использовать данные по их минералогическому составу для целей корреляции немых толщ, в разрезе которых глинистые породы играют заметную роль.

Институт нефти
Академии наук СССР

Поступило
28 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Т. Т. Клубова, Тр. Инст. нефти АН СССР, 7, 184 (1956). [2] П. П. Авдусин, Глинистые осадочные породы, Изд. АН СССР, 1953. [3] И. И. Гинзбург, И. А. Рукавишникова, Минералы древней коры выветривания Урала, Изд. АН СССР, 1951.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ГЕОЛОГИЯ

Вл. А. КОМАР и Н. М. ЧУМАКОВ

О СРЕДНЕ- И ВЕРХНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВИЛЮЙСКОЙ ВПАДИНЫ

(Представлено академиком Н. С. Шатским 18 VII 1956)

До последнего времени предполагалось, что мезозойские отложения Вилюйской впадины залегают на нижнем палеозое, а средний и верхний палеозой в этом районе отсутствует. Ввиду этого представляют интерес новые данные, свидетельствующие о наличии в разрезах Вилюйской впадины средне- и верхнепалеозойских отложений. Предшествующими исследователями эти отложения частично были отнесены к нижнему палеозою, а частью к мезозою.

Впервые среднепалеозойские отложения в рассматриваемом районе были открыты в 1953 г. С. Н. Наумовой, которая в верхней гипсоносной свите р. Вилючан установила споро-пыльцевые комплексы верхнефаменского — нижнетурнейского облика ([4]). Проведенные в 1953—1955 гг. исследования позволили собрать нам новые данные по этому вопросу. Одновременно появились факты, указывающие на присутствие в западной части Вилюйской впадины более низких и более высоких горизонтов палеозоя. В настоящее время средний и верхний палеозой устанавливается в двух районах: на западном крыле Вилюйской впадины и в районе Кемпендяйских дислокаций. К первом к среднему и верхнему палеозою относится толща пород, залегающая между охарактеризованными граптолитами отложениями лландовери и континентальной песчано-конгломератовой свитой нижнего лейаса. Нижняя красноцветная часть этой толщи, выделенная А. А. Арсеньевым и К. А. Ивановой ([2]) под названием вилючанской свиты, считалась ранее немой и относилась к готландию ([2, 7]). Выше была выделена пачка светлых песчаников, названная эмяксинской свитой ([2]). Ее условно считали нижней юрой, хотя не исключали и более древнего возраста ([2, 3, 6]).

Вилючанская свита имеет мощность не менее 100 м и сложена красно-бурыми и зеленоватыми доломитовыми мергелями, глинами и алевролитами с подчиненными прослоями песчаников и известняков. В нижней части свиты встречаются пласты гипса, а в средней и верхней — тонкие слои пепловых туфов и туффитов ([10]). В вилючанской свите на р. Вилюй и ее притоках С. Н. Наумовой обнаружены те же споропыльцевые комплексы, что и в верхней гипсоносной свите р. Вилючан. Это, наряду с полным литологическим сходством и одинаковым стратиграфическим положением, позволяет параллелизовать обе свиты. В настоящее время, кроме спор и пыльцы, в вилючанской свите обнаружены двустворчатые листоногие и лепидофиты. Лепидофиты, найденные в средней части свиты на р. Вилюй, определены М. Ф. Нейбург как Heleniella typ. Theodori Zal. и Lepidodendron cf. stygicum. Первая форма известна из верхнего девона и нижнего карбона Донбасса и других районов. Вторая известна пока только для верхнего девона Донбасса. Листоногие собраны в средней части свиты на р. Вилючан. Они отнесены И. М. Варенцовым к новому виду Palaeolimnadiopsis vilujiensis, весьма близкому к Palaeolimnadiopsis jonesi Raymond из нижнего карбона Шотландии. Приведенные палеонтологические находки позволяют доста-

точно уверенно относить вилючанскую свиту к верхнему девону — нижнему карбону.

Вышележащая эмяксинская свита залегает на вилючанской с перерывом, вследствие которого местами размыта толща осадков, включающая вилючанскую свиту, нижележащие отложения готландия и часть верхнего ордовика. Эта свита, имеющая видимую мощность около 100 м, сложена светло-серыми песками с подчиненными прослоями известковистых песчаников. Пески средне- и мелкозернистые, косослоистые, преимущественно полимиктовые, реже — аркозовые. В отличие от аналогичных пород нижнего лейаса пески эмяксинской свиты, по данным А. А. Арсеньева, В. А. Ивановой ([2]) и М. Е. Бердичевской ([3]), хорошо отсортированы и окатаны, а в их тяжелой фракции преобладают рудные или устойчивые минералы и отсутствуют амфиболы.

Эмяксинская свита в ряде мест прорвана траппами, при этом во вмещающих породах наблюдаются горячие контакты, а в траппах — ксенолиты песчаников. Важно отметить, что палагонитовые миндалекаменные диабазы, прорывающие эмяксинскую свиту, присутствуют в гальке вышележащих нижнелейасовых конгломератов.

В эмяксинской свите на р. Вилюй в ряде точек собраны в большом количестве чешуи, зубы и кости кистеперых рыб, часть которых согласно определениям Д. В. Обручева принадлежит рыбам из семейства Osteolepidae, близким к каменноугольным видам рода Megalichthis. Другая часть собранных остатков имеет архаический облик и относится к новому роду или семейству. Семейство Osteolepidae существовало от среднего девона до конца карбона (единичные находки нижнепермских представителей этого семейства известны пока только в Сев. Америке). Таким образом, семейство остеолепид, наряду со стратиграфическим положением этой свиты выше верхнедевонских-нижнекаменноугольных отложений, определяет наиболее вероятный возраст ее как карбон. Более точное определение чешуи хорошо подтверждает этот вывод.

Имеются указания ([6]) на находки в так называемой «оранжевой» свите (аналог эмяксинской свиты) чешуи «палеонисцид», а также спор и пыльцы верхнетриасового-нижнеюрского облика. Следует заметить, что в «оранжевую» свиту Г. Х. Файнштейн и В. И. Курлаев местами включали, кроме песков эмяксинской свиты, верхние горизонты вилючанской свиты и нижние слои нижнего лейаса. Очевидно, из последних и происходят мезозойские споры и пыльца, описанные Е. Ф. Шаткинской ([6]). Также мало дает для определения возраста этой свиты чешуя рыб, поскольку палеонисциды, которых, очевидно, имеют в виду эти авторы, появились в среднем девоне, а вымерли в мелу.

На эмяксинскую свиту несогласно налегают конгломераты и пески укугутской свиты нижнего лейаса ([2]).

В районе Кемпендяйских дислокаций к среднему и верхнему палеозою относится мощная толща пород, залегающая в сводах соляных куполов и издавна относившаяся к нижнему палезою ([5,8,9,1]). Самыми древними отложениями, этого комплекса являются немые красноцветные и гипсоносные породы, названные кемпендяйской свитой. Эта свита выходит в ядрах соляных структур и сильно брекчирована. Ее мощность составляет не менее нескольких сотен метров. Наибольшим развитием в свите пользуются красно-бурые, грубые мергели и карбонатные алевролиты. В подчиненном количестве встречаются мелкозернистые песчаники и глины. В верхней части свиты встречаются пласты гипса мощностью до 10 м. С этой свитой связаны месторождения каменной соли, которая, очевидно, внедрилась в кемпендяйскую свиту в виде штоков.

На кемпендяйскую свиту в большинстве случаев резко несогласно налегают мезозойские отложения, слагающие крылья куполов. Однако в ряде пунктов можно наблюдать как она очень постепенно переходит в вышележащую свиту доломитовых мергелей, известковистых глин и песчаников.

нижней части красноцветных и гипсоносных, а выше — серых. Видимая ощность их 300—350 м. Характерным для этой, так называемой курунгухской свиты является наличие нескольких пачек кислых витрокластических, кристалло-витрокластических и пепловых туфов и туффитов [10], по явлению которых условно устанавливается ее подошва. В верхней части урунгуряхской свиты С. Н. Наумовой обнаружены споры и пыльца, комкс которых резко отличается комплексов силура широм развитием спор древних апоротникообразных и имеет рхнедевонский, близкий фаменскому облик.

Верхний контакт курунгряхской свиты и непосредственно лежащие на ней отложения наблюдать не удалось. На р. Сорос была встречена россыпь крупных глыб плитчатых палевых ломатолитовых известняков, сиреневато-серых мергелей и мелкозернистых песчаников. Большую роль в россыпи играют известняково-мергельные брекчии, связанные, очевидно, с размывом водорослевых биогерм. В описанных породах попадаются чешуи фулькры, принадлежащие ганоидным и значительно реже кистеперым рыбам, а также мелкие неправильно изогнутые образования, напоминающие серпул. Среди собранных остатков А. В. Хабаков обнаружил несколько разных типов чешуй, сходных с чешуей рыб из семейств: Palaeoniscidae (особенно часто мелких палеонисцид рода Amblypterus), Colobodontidae, Platysomidae, Bolastraniidae, Dimionotidae и Coelacanthidae. На основании этого А. В. Хабаков предполагает юрско-триасовый — верхнетриасовый возраст вмещающих[74] пород. Фаунистическая характеристика и полевые наблюдения заставляют помещать этот своеобразный комплекс пород выше курунгуряхской свиты и дать ему отдельное название. По месту нахождения эти отложения удобно назвать сорогской свитой. Последняя несогласно покрывается песчаниками и конгломератами табасындской свиты, возраст которой условно определяется как нижний лейас — верхний триас, ввиду того что выше нее согласно залегает укугутская свита нижнего лейаса.

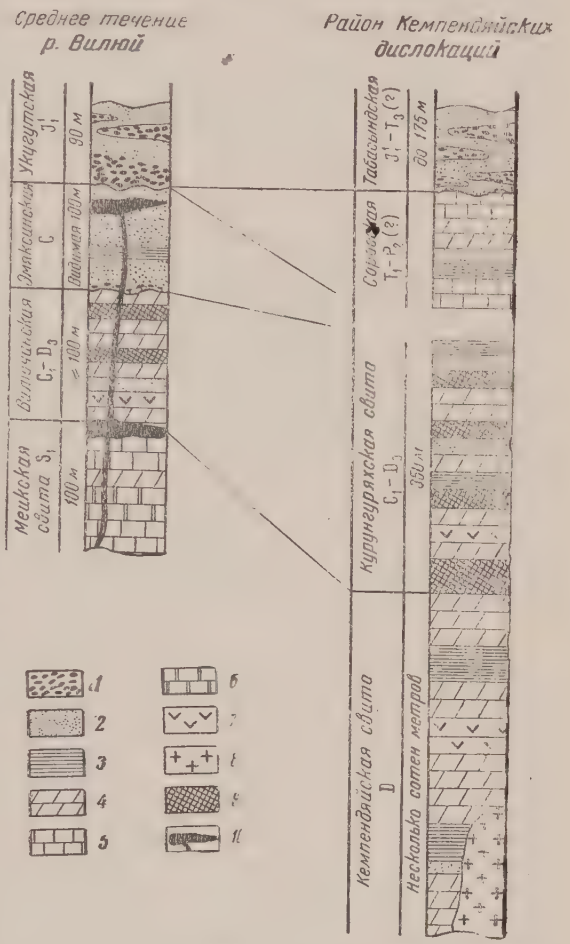


Рис. 1. Сопоставление разрезов среднего и верхнего палеозоя западной части Вилюйской впадины: *1* — галечники, *2* — пески и песчаники, *3* — алевролиты и глины, *4* — мергели, *5* — известняки, *6* — доломиты, *7* — гипс, *8* — каменная соль, *9* — туфы и туффиты, *10* — траппы

Имеющиеся данные позволяют сопоставить разрезы среднего и верхнего палеозоя западного крыла Вилюйской впадины и Кемпендяйских дислокаций и уточнить возраст некоторых свит в последнем (рис. 1). Присутствие годных споро-пыльцевых комплексов, а также близкий литологический

состав и наличие прослоев кислых туфов и туффитов, пород нигде в нашем районе больше не встречающихся * и служащих обычно хорошими коррелятивами, позволяет параллелизовать вилючанскую и курунгуряхскую свиты и относить последнюю к верхнему девону — нижнему карбону. Кемпендяйскую свиту, связанную с курунгуряхской свитой постепенным переходом, следует относить к девону.

Рассмотренный материал свидетельствует о широком распространении среднего и верхнего палеозоя в западной части Вилюйской впадины и позволяет восстановить интересный этап в ее развитии. Значительная мощность этих отложений указывает на то, что западная часть Вилюйской впадины интенсивно прогибалась уже в среднем палеозое.

Геологический институт
Академии наук СССР

Поступило
11 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Ф. А. Алексеев, Н. М. Музыченко, Нефт. хоз., № 9 (1939). [2] А. А. Арсеньев, В. А. Иванова, Вопросы геологии Азии, **1**, 1954. [3] М. Е. Бердичевская, ДАН, **96**, № 2 (1954). [4] М. Е. Бердичевская, ДАН, **105**, № 2 (1955). [5] П. А. Крапоткин, Зап. Русск. Геогр. общ. по общ. геогр., **3** (1873). [6] В. И. Куплаев, Н. Я. Жидовинов, Уч. зап. Сарат. унив., вып. геол., **45** (1955). [7] О. И. Никифорова, Матер. ВСЕГЕИ, нов. сер., общ. сер., в. 7 (1955). [8] А. Г. Ржонсницкий, Изв. Геол. ком., **37**, № 1 (1918). [9] Г. Э. Фришенфельд, Отчет Нефтинст. за 1933 г., 1936. [10] Н. М. Чумаков, Е. А. Нечаева, ДАН, **106**, № 2 (1956).

* Кислые туфогенные породы, очевидно, того же возраста, обнаружены, по устному сообщению В. Н. Рыбченкова, на высших точках водораздела рр. Марха и Мархара, где они залегают на отложениях ордовика.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ГЕОЛОГИЯ

Г. А. МАКСИМОВИЧ

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ ОБЛАСТЕЙ КАРСТА КАРБОНАТНЫХ И СУЛЬФАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

(Представлено академиком Д. В. Наливкиным 30 VI 1956)

В областях, где развит карст известняков, доломитов, гипсов, ангидритов и переходных разностей, наблюдается своеобразный гидродинамический профиль, который был охарактеризован для случая наличия магистральной речной артерии ([6], [7]). Если учесть схему стока З. А. Макеева ([5]), то гидродинамические зоны карстовых вод будут следующие (см. табл. 1).

Кроме того в некоторых складчатых горных сооружениях, районах недавнего и современного вулканизма карстовые явления обусловлены выщелачивающим действием восходящих глубинных вод — термальных углекислых и других, поступающих главных образом по разломам (Пятигорск, Сахарденская пещера, Границкий карст на р. Бечве в Чехословакии и др.). В Тоскане бороносные паро-гидросульфатермальные месторождения приурочены к верхнетриасовым кавернозным известнякам и трещиноватым ангидритам ([2]), где воды, вероятно, воздействуют на эти коллекторы. В рудном карсте карбонатных пород циркуляция вод, обладающих сульфатной агрессией, своеобразна и мало изучена.

В зависимости от мощности и площади карстующегося массива, однородности пород, наличия или отсутствия некарстующихся пластов, движений земной коры, расчлененности или нерасчлененности массива транзитными магистральными реками, элементов залегания карстующихся пород, геоморфологических, климатических и ряда других факторов наблюдается различное количество гидродинамических зон карстовых вод, изменяется их характер и распределение. Наиболее важными факторами являются мощность, пространственное распространение карстующейся толщи, геотектонические и геоморфологические условия, степень расчлененности рельефа и, в частности, наличие или отсутствие речных долин, эпейрогенические движения и их направления, положение карстовой области относительно морского берега, климатические условия — современные и недавнего прошлого и некоторые другие.

Многообразие обстановок земной коры и соотношений перечисленных факторов обусловливает не только разное количество зон циркуляции, но и различные их комбинации. Два-три случая были уже указаны ([3], [4]). Приведем некоторые основные типы гидродинамических профилей карстовых областей. Зона поверхностной циркуляции, а также переходная зона, находящаяся над зоной горизонтальной циркуляции, особо не рассматриваются, но подразумеваются.

Тип. I. Имеется только одна зона вертикальной нисходящей циркуляции карстовых вод (рис. 1, *IA*). Этот тип наблюдается в карстующихся массивах, подстилаемых водопроницаемыми некарстующимися породами, подошва которых находится выше уровня подземных вод района. Примером являются Крымские Яйлы там, где известняки подстилаются конгломератами и песчаниками, лежащими на водоупорных сланцах ([4]). Из базальных песчаников вытекает

Таблица 1

Гидродинамические зоны карста при наличии магистральных транзитных рек

Характер подземного стока	Гидродинамические зоны	Напор	Водный режим
Поперечный сток от водоразделов к магистральным речным артериям	Зона поверхностной циркуляции	—	Сток в карстовые понижения и речные долины после выпадения осадков и при таянии снега
	Зона вертикальной нисходящей циркуляции (аэрации)	—	Нисходящее вертикальное движение. Периодическое увлажнение
	Подзона висячих водотоков на местных водоупорах или менее карстующихся породах	—	Горизонтальное движение. Циркуляция после дождей и таяния снегов. Реже постоянная
	Зона вертикальной и горизонтальной циркуляции (переходная)	—	Периодическая смена вертикального движения при низком уровне карст. вод на горизонтальное — при высоком
	Зона горизонтальной циркуляции	—	Постоянное горизонтальное нисходящее движение
	Зона сифонной циркуляции	+	Постоянное движение по обособленным каналам. На водоразделе нисходящее, а в зоне дрены — восходящее
Продольный сток в подрусловых пустотах под магистральными артериями	Зона подрусловой циркуляции магистральных рек	+	Постоянное движение от более высоких точек к более низким по слабо наклонным пустотам
Глубинный сток ниже речных долин и подрусловых пустот	Зона глубинной циркуляции	+	Постоянное весьма медленное движение карстовых вод по структурам в направлении базисов разгрузки континентов, морей и океанов

источник Аян — исток р. Салгира, р. Альма, а из базальных конгломератов — р. Тунас.

Второй вариант — когда карстующиеся почти горизонтальные породы залегают среди водопроницаемых толщ (рис. 1, *IБ*). Подобные условия наблюдаются в Молотовской области, где в Соликамской депрессии пласт трещиноватого гипса, мощностью 20 м, залегает в кунгурских песчаниках. Растворение гипса обусловливает развитие провальных явлений.

Тип II. Наблюдается только одна зона горизонтальной циркуляции карстовых вод. Обычен при маломощной карстующейся толще, заключенной в некарстующихся отложениях.

Первый вариант с водопроницаемой кровлей установлен в Эмилианских Апеннинах в районе г. Фумайоло, в истоках Тибра в Италии ([8]), где на глинистых сланцах залегают известняки, перекрытые песчаниками (рис. 1, *IIA*). Второй вариант (рис. 1, *IIБ*) описан для кунгурских гипсов западного крыла Предуральского прогиба ([1]).

Тип III. Имеются зоны вертикальной нисходящей и горизонтальной циркуляции. Широко развит известняках и доломитах, гипсах и ангидритах, а также в толщах мела

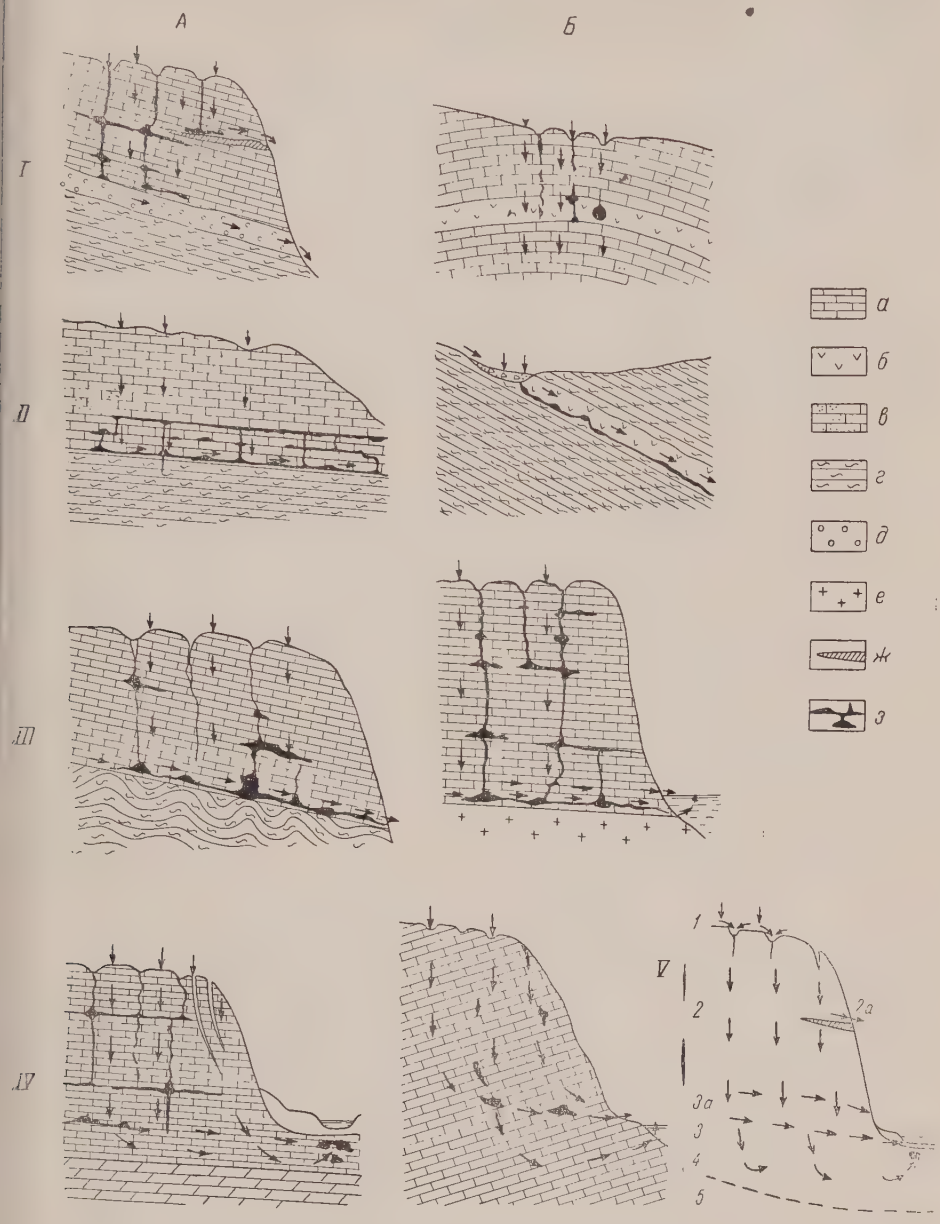


Рис. 1. Типы гидродинамических профилей карстовых областей (пояснение в тексте): *а* — карбонатные породы, *б* — сульфатные породы (гипс и ангидрит), *в* — песчаники, *г* — глины, *д* — галечники и конгломераты, *е* — изверженные породы, *ж* — местный водоупор, *з* — карстовые пустоты. Зоны циркуляции на схеме *V*: *1* — поверхностная, *2* — вертикальная (нисходящая), *2а* — подвешенные воды на местном водоупоре; *3а* — переходная; *3* — горизонтальная, *4* — сифонная, *5* — глубинная

рис. 1, *IIIА*). Этот тип развит в весьма разнообразных геоморфологических и геотектонических обстановках. Примерами горных районов могут служить Крым и Средний Атлас в Марокко. Подобный тип гидродинамического профиля наблюдается для горы Венты (источник Воклюза), Восточных Альп

вблизи Вены (Кайзербруннен и другие источники), плато Ла Мурдже в Италии высотою 800—900 м и во многих других районах.

В покровных отложениях платформ он наблюдается в гипсах в районе Кунгурской ледяной пещеры. Примером прибрежной карстовой равнины является Налларбор на юге Астралии (рис. 1, *IIIБ*). В основании обнажения известняков по берегу моря наблюдаются многочисленные источники, часть из них выходит на дне Большого Австралийского залива ([9]).

Тип IV. Имеются зоны вертикальной, горизонтальной и сифонной циркуляции. Весьма распространен и характерен для мощных карстующихся толщ, развитых ниже дна рек или прибрежной части морей. Воды зоны сифонной циркуляции при наличии магистральных артерий разгружаются в подрусловые пустоты продольного стока (рис. 1, *IVA*). При отсутствии долинного расчленения разгрузка карстовых вод происходит на окраине карстующегося массива.

Если карстовая область находится на берегу моря, то воды зоны сифонной циркуляции питают субмаринные источники (рис. 1, *IVБ*). Подобные условия известны как для карста горных складчатых областей — район Гагры на Черном море, средиземноморских карстовых областей, так и для платформ (Флорида, Юкатан и др.).

Тип V. Развиты все основные зоны. Здесь, кроме зоны вертикальной нисходящей, горизонтальной и сифонной циркуляции, имеется зона глубинной циркуляции (рис. 1, *V*).

Рассмотренными пятью типами, конечно, не исчерпывается все разнообразие гидродинамических профилей карстовых вод. Нами указаны только основные, которые установлены в результате изучения гидрогеологии карстовых областей. В дальнейшем, вероятно, будут выделены новые типы.

В одной области может быть два и более типов профилей. Так, для Крыма ([4]) на участках, где известняки подстилаются конгломератами, имеется тип I; там, где внизу лежат водоупорные таврические сланцы, тип III — вертикальной и горизонтальной циркуляции; западнее Байдарских ворот, в районе развития субмаринных карстовых источников ([3]), возможен тип IV.

Молотовский государственный университет
им. А. М. Горького

Поступило
27 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. А. Варсанофьева, Землеведение, **23**, кн. 3—4 (1916). [2] В. И. Владавец, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5 (1955) [3] И. К. Зайцев, Вопросы изучения карста СССР, 1940. [4] А. А. Крубер Гидрография карста, 1913; Карстовая область Горного Крыма, 1915. [5] З. А. Макеев, Тр. Лаб. гидрологич. пробл., **3** (1947). [6] Г. А. Максимович, Л. В. Голубева, ДАН, **87**, № 4 (1952). [7] Г. А. Максимович, ДАН, **90**, № 6 (1953). [8] Е. Принц, Р. Кампе, Гидрогеология, **2**, 1937. [9] J. T. Jutson, West. Austr. Geol. Surv. Bull., № 95 (1934).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ГЕОЛОГИЯ

Н. А. ПЛАКСЕНКО

О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ СТРОЕНИЯ ТОЛЩИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД ДОКЕМБРИЯ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ (КМА)

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 12 VII 1956)

Докембрийские породы в пределах КМА подразделяются на три отдела: верхний — сланцево-известняковая толща; средний — толща железистых кварцитов (делится на отдельные горизонты); нижний — сланцево-гнейсовая толща. Некоторые соображения о наличии закономерностей строения докембрия КМА были высказаны нами ранее [1]. Позднее установленные закономерности состоят в следующем:

1. В участках докембрия КМА, где средний отдел обладает небольшой мощностью (200 м и меньше), железистые кварциты представлены магнетитовыми разностями и почти или совершенно лишены гематита (рис. 1). Горизонты магнетитовых кварцитов обычно заключают в себе значительное количество прослоев и пластов сланцев, мощностью до 30 м.

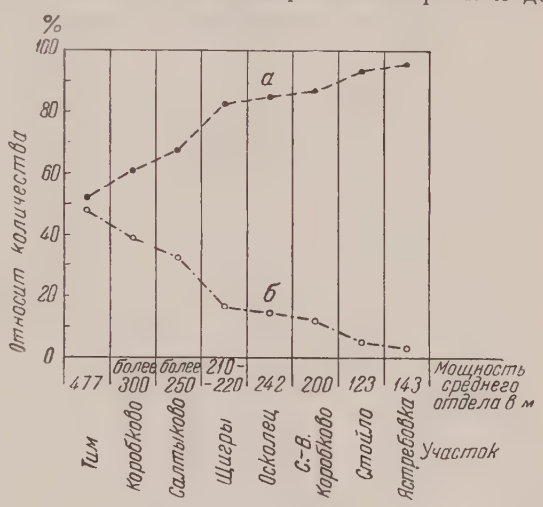


Рис. 1. Диаграмма зависимости между количественными соотношениями магнетитовых (*а*) и гематитсодержащих (*б*) кварцитов и общими мощностями слагаемых ими толщ некоторых участков КМА

Наоборот, в участках КМА с значительной мощностью среднего отдела (более 200 м) в составе последнего видное место занимают гематитсодержащие кварциты (гематито-магнетитовые), горизонты которых заключают в себе очень небольшое количество маломощных прослоев сланцев, или совершенно лишены их.

И вообще содержание силикатных минералов и, соответственно, глинозема и железа силикатного в магнетитовых кварцитах значительно выше, чем в гематито-магнетитовых и гематитовых (табл. 1).

2. Если в составе кварцитовой толщи присутствуют гематитсодержащие кварциты, то они всегда занимают центральное (или по крайней мере внутреннее, но не периферийное) положение в толще среднего отдела и от вмещающих пород нижнего и верхнего отделов отделяются пачками магнетитовых (без гематита) кварцитов. В контактах с вмещающими породами магнетитовые кварциты обычно содержат магнезиально-железистые амфиболы.

3. Если в толще железистых кварцитов, представленной и магнетитовыми и гематито-магнетитовыми кварцитами, имеются пласты и прослои сланцев, то наблюдается следующая закономерная смена железистых кварцитов между соседними пластами сланцев: сланцы; безрудные и слаборудные (магнетитовые) кварциты, обычно силикатные; магнетитовые кварциты с прослоями сланцев; гематито-магнетитовые кварциты; магнетитовые

Таблица 1

Среднее содержание в %	Относительное содержание в кварцитах в %								
Fe_3O_4	100	90	80	70	60	50	40	30	20
Fe_2O_3	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Al_2O_3	1,90	1,35	1,10	1,00	0,95	0,75	0,65	0,50	0,45
Fe силикатн.	2,30	1,20	1,0	0,58	0,80	0,75	0,65	0,55	0,45

кварциты с прослоями сланцев; безрудные и слаборудные (магнетитовые) кварциты, обычно силикатные; сланцы.

Здесь наблюдается та же последовательность в смене пород, что и в общем нормальном разрезе среднего отдела. Наложение щелочного метасоматоза не изменяет указанной последовательности в смене пород.

Что же представлял первично-осадочный материал трех главных разновидностей пород, судя по их минералого-петрографическим особенностям и положению в нормальном разрезе.

Сланцы — это метаморфизованные глинистые терригенные осадки прибрежных частей бассейна, содержащие значительное количество обломочного материала.

Магнетитовые кварциты — это продукты метаморфизации своеобразного осадка, в формировании которого основную роль играла железная механическая взвесь и терригенный глинистый и кремнистый (иловый) материал, обогащенный органическими веществами при меньшем удельном весе коллоидов железа и кремния. Формирование этого осадка происходило в условиях пониженного кислородного потенциала.

Гематито-магнетитовые кварциты — это метаморфизованные осадки, образованные главным образом осаждением коллоидных железисто-кремнистых веществ в более спокойных частях водного бассейна, в значительном удалении от берега ([2],[3]).

Указанные три группы пород являются образованиями различных глубин бассейна. Отсюда можно заключить, что чередование пород в пределах какого-либо участка седиментации от середины периода отложения одного пласта сланца до середины периода отложения другого пласта сланца представляет как бы отдельный цикл седиментации. Возникновение закономерного чередования пород внутри цикла показано на рис. 2. В различные циклы соотношение и качественные особенности главных трех групп осадков могли изменяться.

Мы склонны считать, что особенности первичных кремнистых и железистых осадков железистых кварцитов явились главной причиной того, что при последующем метаморфизме качественно различные первичные формы железа дали качественно различные железистые кварциты. Более мелководные железистые осадки с примесью илистого материала и органических веществ, осаждавшиеся и диагенетически изменявшиеся в условиях пониженного кислородного потенциала, метаморфизовались до магнетитовых кварцитов. Более же глубоководные и более частые коллоиды железа, осаждавшиеся попеременно или в смеси с кремнеземом, при последующем метаморфизме перешли в гематито-магнетитовые или чисто гематитовые кварциты.

Таким образом, очевидно, что на фоне общей трансгрессии, отвечающей времени отложения пород среднего отдела, происходили мелкие относительно кратковременные колебания земной коры, обусловившие некоторое изменение глубины отложения пород железорудной формации и довольно резкую смену литологических разновидностей пород в разрезе. Это значит, что наблюдающееся закономерное чередование указанных пород в нормальном разрезе КМА есть явление стратиграфическое, а горизонты чередующихся пород являются стратиграфическими горизонтами.

Исходя из этого, можно утверждать, что положение трех главных упп пород в фациальном профиле дна в направлении от берега бассей- вглубь таково: сланцы → магнетитовые кварциты → гематито-магне- товые и гематитовые кварциты (рис. 3). акая смена фаций устанавливается при поставлении строения среднего отдела окембрия на различных участках КМА востока на запад (Ястребовка→Яковлево).

Все изложенное позоляет утверждать существовании первичных окисных маг- етитовой и гематитовой фаций осадоч- ого профиля толщи кварцитов докем- рия КМА.

Характерные черты этих фаций приве- ены в табл. 2. Гематитовая фация КМА редставлена не в чистом виде, а является ереходной (гематито-магнетитовая).

В пределах Северо-восточной полосы МА магнетитовая фация максимально азвита в породах восточного крыла син- линория (район Стойло — Ястребовка), а ематитовая — в породах его западного кры- а и южного замыкания (Тим — Салтыко- о — Коробково).

Береговая линия бассейна седиментации ород железорудной формации КМА на- одилась где-то восточнее крайних восточ- ых ветвей магнитной аномалии.

Среди осадков железистой формации до- ембрия района Верхнего Озера Джемс ([4]) акже выдляет окисную фацию, а внутри ее — магнетитовую и гематитовую фации. ервую он считает более глубоководной, ем вторая, что прямо противоположно оложению этих фаций в разрезе докембрия

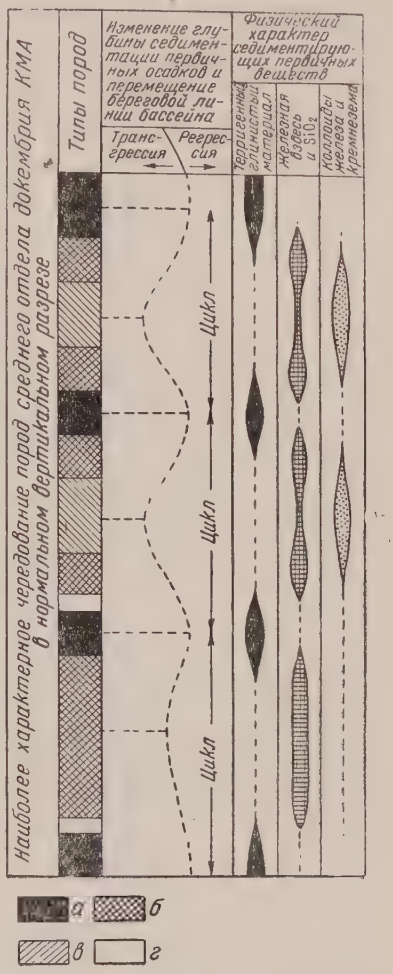
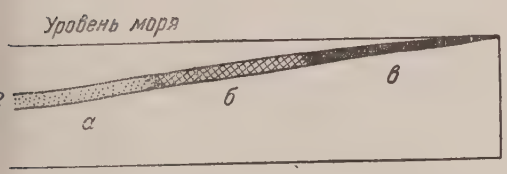


Рис. 2. Зависимость минералогического состава метаморфических пород докембрия КМА и их положения в нормальном разрезе от характера седиментировавших первичноосадочных веществ, обусловленного перемещением береговой линии бассейна и изменением его глубины: *а* — сланцы, *б* — магнетитовые кварциты, *в* — гематитосодержащие кварциты, *г* — безрудные и слаборудные кварциты



ис. 3. Осадочные фации изученной части желе- рудного профиля докембрия КМА: *а* — гема- итовая, *б* — магнетитовая, *в* — сланцевая

МА. К сожалению, по материалам Джемса трудно установить какую часть бщего железорудного профиля он изучал.

Причина приуроченности гематито-магнетитовых кварцитов к участкам повышенной мощностью среднего отдела заключается, как нам кажется, том, что первичные осадки этих кварцитов формировались в более лубоководных участках бассейна, где процесс седиментации не имел зна- ительных перерывов и сопровождался накоплением мощных толщ.

Таблица 2

Характерные особенности окисных фаций железистых кварцитов КМА

	Первичные окисные фации	
	магнетитовая	гематитовая
Литология	Тонкополосчатые и разнополосчатые темно-серые породы, образованные чередованием кварцевых, магнетитовых, силикатных и в различной степени карбонатизированных прослойков. Толщи этих пород заключают значительное количество пластов и прослоев сланцев	Тонкополосчатые и разнополосчатые породы (обычно краснополосчатые), образованные чередованием кварцевых (иногда яшмовидных) магнетитовых, гематитовых, смешанных гематито-магнетитовых и реже силикатных и карбонатизированных прослоев. Толщи этих пород довольно однородны и заключают незначительное количество пластов и прослоев сланцев
Главные породы	Магнетитовые кварциты	Гематито-магнетитовые кварциты
Основной железистый минерал	Магнетит	Магнетит и гематит
Пределы содержания железа растворимого	Широкие: от <10—15% до $>35\%$. Средн. около 31%	Узкие: от $>33\%$ до 40% и более. Средн. 34—38%, в зависимости от соотношений магнетита и гематита
Содержание Al_2O_3	0,2—7,0%; чаще 1,4—1,9% (средн. 1,6%)	0,0—3,7%; чаще 0,3—1,1% (средн. 0,7%)
Содержание Fe силикатного	0,0—11,0%; чаще 1,2—1,4% (средн. 1,7%)	0,0—1,1%; чаще 0,4—1,1% (средн. 0,7%)
Стратиграфическое положение в нормальном разрезе докембрия	При наличии гематитовой фации—всегда периферийное (в толще кварцитов)	Всегда внутри толщи кварцитов
Особенности пространственного распределения в среднем отделе	Почти полностью слагают маломощные толщи среднего отдела	Максимально развиты в районах больших мощностей среднего отдела
Преимущественное физическое состояние первично - осадочного железистого материала	Механическая взвесь, меньше—коллоиды	Коллоиды железа и кремнезема, обычно в смеси
Среда образования	По отношению к гематитовой—более мелководная средне-окислительно-восстановительная. Органических веществ больше, *Eh* ниже	По отношению к магнетитовой—более глубоководная средне - окислительно - восстановительная. Органических веществ меньше, *Eh* выше

Таким образом, наблюдающиеся закономерности в распределении и чередовании главных типов метаморфических пород в разрезе среднего отдела докембрия КМА предопределены фациальным характером первичных осадков и условиями их отложения. Эти закономерности, сохранившиеся в процессе дальнейшего метаморфизма, имеют важное значение при выяснении стратиграфии докембрия.

Поступило
7 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Н. А. Плаксенко, Железные руды Курской магнитной аномалии, Изд. АН СССР, 1955 [2] Н. М. Страхов, Тр. ИГН, геол. сер., в. 73, № 22 (1947). [3] Н. М. Страхов Сборн. Образование осадков в современных водоемах, Изд. АН СССР, 1954. [4] H. L. Games, Econ. Geol., **49**, № 3 (1954).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ГЕОЛОГИЯ

А. А. СУЛТАНАЕВ

О РАЗРЕЗЕ КАРБОНА НА р. ШАРТЫМ

(Представлено академиком Н. М. Страховым 7 VIII 1956)

История изучения разреза карбона на р. Шартым * (Южный Урал) свещалась неоднократно [1,11]. За последние годы появились новые данные, снованные на непосредственном изучении шартымского разреза [2,3]. Авторы этих работ подвергают сомнению правильность определения возраста и мощности шартымских известняков Л. С. Либровичем [1] и достоверность представлений М. Э. Янишевского [11] о структуре района. В 1955 г. нам удалось получить ряд фактов, внесших некоторую ясность в противоречивые сообщения последних лет [2, 3]. В сборе материалов и их обработке принимали участие Р. А. Ганелина (фораминиферы) и Н. Н. Лапина (брахиоподы). Гониатиты определены Л. С. Либровичем, пелециподы — П. Л. Чульгой.

По своей структуре участок распространения шартымских известняков представляет, по-видимому, как было установлено М. Э. Янишевским [11] и подтверждено Л. С. Либровичем [1], опрокинутую на восток синклинальную складку. Возраст и мощность разреза близки к тем, которые указаны последним. Анализ содержащейся в известняках фауны ведется по известным 5 горизонтам, выделенным Л. С. Либровичем [1]. Мощности приведены по нашим данным.

В наших сборах известняки I горизонта представлены сильно перекристаллизованными разностями и фораминифер не содержат. Среди брахиопод много Striatifera magna (Ian.) Н. П. Малахова [2] и Р. В. Соломина [9] приводят отсюда: Archaediscus karreri Brady, Lituotubella glomospiroides var. magna Raus., Haplophragmella sp., Endothyra omphalota Raus. et Reitl., En. cf. crassa Brady, Bradyina ex gr. cribrostomata Raus. et Reitl., Eostaffella parastruvei Raus., Parastaffella struvei (Moell.) и др. Л. С. Либрович [1] указывает на наличие Lithostrotion junceum Flem., Gigantoproductus cf. giganteus (Mart.), Striatifera cf. striata (Fisch.) и др. Приведенный комплекс фауны позволяет сопоставить I горизонт с веневским горизонтом Подмосковья. Мощность 100—120 м.

В четырех остальных горизонтах списки фауны даны по нашим сборам с лишь существенные дополнения к ним — по другим источникам.

Во II горизонте определены фораминиферы: Archaediscus stilus Grozd. et Leb., A. baschkiricus Krest. et Theod., Endothyra paraprisca Schlyk., En. aff. bradyi var. maxima Brazhn., Bradyina aff. venusta Reitl., B. ex gr. cribrotomata Raus. et Reitl., Eostaffella ex gr. ikensis Viss., E. aff. umbilicata Kir. и др.; брахиоподы: Striatifera striata (Fisch.), S. ex gr. magna (Ian.), Spirifer cf. integricostus Phill., Spirifer sp. (возможно ex gr. bisulcatus Sow.) и др. Л. С. Либрович [1] указывает во II горизонте Gigantoproductus ex gr. giganteus (Mart.), а Н. П. Малахова — Endothyra ex gr. crassa Brady. III горизонт, почти весь можно параллелизовать с серпуховским подъярусом

* Коренное население — башкиры называют эту речку Шартым. В литературе укоренилось неправильное наименование «Шартымка»

унифицированной схемы ([7]) и лишь его верх и низ III горизонта — с протвинским горизонтом. Мощность 90—100 м.

В III горизонте из фораминифер присутствуют: Hyperammina ex gr. vulgaris Raus. et Reitl., Archaediscus sp. Endothyra spirilliniformis Brazhn. et Pot., Bradyina magna Roth. et Skin., Eostaffella postmosquensis var. compressa Brazhn., E. aff. eoprotvae Brazhn. msc., Parastaffella ex gr. preobrajenskyi (Dutk.) и др.; брахиоподы: Productus concinnus Sow., Dictyoclostus rejensis Libr., Striatifera sp., Marginifera schartymiensis Ian., Pugnax-pugnus (Mart.), много Martinia davidsoni Ian., Brachythyrina gracilis (Ian.), Choristites ex gr. bisulcatiformis Semich. и др. Отсюда же Л. С. Либрович ([1]), приводит Cravenoceras cowlingense Bisat. Возраст III горизонта — нижненамюрский. Мощность 40—45 м.

IV горизонт расчленен на две пачки.

1-я пачка сложена органогенными известняками. Фораминиферы: Eostaffella cf. kaschirica Raus., E. parastruvei Raus. var. chusovensis Raus., Endothyra sp. и др.; брахиоподы: Cancrinella undata (Defr.) много Marginifera schartymiensis Ian., Spirifer striatus Mart., Choristites sp. и др. Мощность 25—30 м.

2-я пачка — органогенно-обломочные известняки. Фораминиферы: Hyperammina sp., Archaediscus ex gr. gregorii Dain, Endothyra aff. inusitata Reitl., En. aff. rzhevica Reitl., Bradyina venusta Reitz., B. magna Roth. et Skin., Eostaffella postmosquensis Kir., E. postparva Brazhn., Novella aff. aperta Grozd. et Leb., Ozawainella cf. aurora Grozd. et Leb., Schubertella ex gr. obscura Lee et Chen. и др.; брахиоподы: Schellwinella cf. mosquensis Ivan., много Schizophoria resupinata (Mart.), Chonetes cf. carboniferus Keys. много Camarophoria pleurodon (Phill.), Neospirifer grunewaldtianus (Ian.) много Choristites ex gr. bisulcatiformis Semich., много Ch. baschkiricus (Ian.) и др. Возраст — башкирский ярус. Мощность 6—7 м. Общая мощность IV горизонта 30—35 м.

V горизонт расчленен на четыре пачки.

1-я пачка — известняки рифового облика. Фораминиферы: Archaediscus ex gr. baschkiricus Krest. et Theod., Endothyra aff. irinae Reitl., Bradyina magna Roth. et Skin., Eostaffella korobcheevi Raus., Parastaffella aff. dagmarae (Dutk.) и др.; брахиоподы: Rhipidomella michelini (Eveil), Striatifera ex gr. magna (Ian.), Marginifera schartymiensis Ian., Spirifer cf. bisulcatus Sow., Choristites (?) sp., Martinia glabra (Mart.) и др.; пелециподы: много Cypricardella parallela Phill., Aviculopecten cyclopterus Phill. и др.; гониатиты: Cravenoceras cf. cowlingense Bisat, Cr. arcticum Libr., много Cr. uralicum Librovitch sp. nov. (in litt.), много Girtyoceras (?) inostranzewi (Karpinsky) и др. Возраст — нижний намюр. Мощность 6—7 м.

2-я пачка — сильно метаморфизованные и окремненные известняки. Средняя часть пачки не обнажена. Предполагается здесь наличие эффузивов. В верхах пачки определена Parastaffella sp. Мощность 10—11 м.

3-я пачка — слоистые известняки. Фораминиферы: Archaediscus pustulus Grozd. et Leb., Endothyra spirilliniformis Brazhn. et Pot., Bradyina aff. minima Reitl., Eostaffella postmosquensis Kir., Ozawainella ex gr. angulata (Col.), Pseudostaffela minjarica Grozd. et Leb., Ps. antiqua (Dutk.), Schubertella lata Lee et Chen. и др.; брахиоподы: Krotovia rarituberculata (Ian.), много Thomasella pseudomargaritaceae (Ian.), Linoproductus undatus (Defr.), масса Dictyoclostus rejensis Libr., масса Marginifera schartymiensis Ian., масса Choristites moelleri (Ian.) и др.; пелециподы: Aviculopecten interstitialis Phill., Leopteria cf. lunulata Phill., Edmonidia maccoyi Hind., Posidoniella cf. pyriformis и др. По-видимому, отсюда (и выше) Л. С. Либрович ([1]) указывает гониатитов: Reticuloceras (Verneuilites) Ian. Stenopronorites uralensis Karpinsky) и др. Возраст по фораминиферам — башкирский ярус; по брахиоподам — намюрбашкирский ярус; по пелециподам — верхний визе — нижний намюр; по гониатитам — либо башкирской ярус (намюр *C*), либо намюр *B*. Мощность 13—14 м.

Распространение некоторых важных для стратиграфии групп фауны намюра и среднего карбона Урала

Геерленский конгресс 1935 г.	Унифицированная схема 1951 г.	р. Шартым. Горизонты по Либровичу, 1939
Вестфал *D*	Московский ярус	
Вестфал *C*		V горизонт
Вестфал *B*	Башкирский ярус	IV горизонт
Вестфал *A*		III горизонт
Намюр *C*	Намюрский ярус	II горизонт
Намюр *B*		I горизонт
Намюр *A*	Визейский ярус	

Haplophragmina
Novella
Ozawainella
Pseudostaffella
Schubertella
Profusulinella
Eofusulina
Fusulinella
Fusulina
Lytostrotion
Donophyllum
Boswellia
hertschi
Lytvophyllum
Gigantoproductus
Striatifera
Spirifer bisulcatus
Башкирские кораллы
Московские кораллы
Girtyoceras
Cravenoceras
Reticuloceras
Gastrioceras

Примечание. Сплошной линией показано распространение родовых групп, прослеженных в шартымском разрезе, пунктиром — в других районах Урала.

4-я пачка — рифовые известняки. Фораминиферы: Haplophragmina aff. kaschirica Reitl., Archaediscus bashkiricus Krest. et Theod., Endothyra brady Mikh., Bradyina samarica Reitl., Eostaffella ex gr. prisca Raus. и др., брахиоподы: Echinoconchus punctatus (Mart.) много Productus concinnus (Sow.), Dictyoclostus rezensis Libr., Martinia davidsoni Ian., Spirifer ex gr. striatus Mart., Choristites sp. и др. Скорее всего отсюда же происходят указанные Л. С. Либровичем ([1]) в V горизонте гониатиты: Gastrioceras marianum Vern., Dimorphoceras barbotanus Vern. и др. Возраст — башкирский ярус. Мощность 30—40 м. Общая мощность V горизонта 60—70 м.

Выводы: 1. Приведенные данные в совокупности с табл. 1, составленной по уральским разрезам, показывают, что естественные рубежи развития тех групп фауны, по которым выделялся башкирский ярус, требуют пересмотра. В шартымском разрезе представители родов Novella, Schubertella и Ozawainella появляются почти одновременно в верхах намюра *A*. Виды Martinia davidson Ian., Dictyoclosutus rejensis Libr., Neospirifer grünewaldtianus (Ian.) и др. появляются в низах или ближе к середине намюра *A* и доживают до башкирского века (до намюра *C*). Хориститы в шартымском разрезе встречены впервые в середине намюра *A*, в его верхней трети они присутствуют в большом количестве. Судя по литературным данным ([4]), на восточном склоне Среднего Урала хориститы в намюре *A* — обычное явление.

2. В шартымском разрезе по присутствию родов Novella, Ozawainella, Schubertella, башкирских хориститов и других, указанных в п. 1, брахиопод намюр *A* тесно связан с намюром *B*, к которому условно отнесены 2-я и 3-я пачки V горизонта. По фауне гониатитов и отчасти брахиопод нижняя часть намюра *A* существенно отличается от визейского яруса, хотя среди брахиопод здесь еще много элементов старого. Менее заметно это отличие по фауне фораминифер. Вместе с тем намюр *A* (особенно его верхняя часть) фаунистически мало отличается от низов башкирского яруса (если к последнему относить намюр *B*). Поэтому нижнюю границу башкирского яруса можно пока обосновать только появлением сем. Gastrioceratidae (в слоях, соответствующих намюру (*C*) и в верхах V горизонта — рода Haplophragmina). В других уральских разрезах, по-видимому, в средней части намюра *C* появляются первые представители рода Profusulinella. Поэтому участившиеся попытки отнесения намюра *B* к башкирскому ярусу, а отсюда и упразднения намюрского яруса в целом из стратиграфической шкалы СССР ([6,8,10]) следует признать необоснованными.

3. Необходимо пересмотреть критерии, обосновывающие границы и объем башкирского яруса, но не за счет упразднения намюрского яруса, который фаунистически является достаточно ясной и самостоятельной стратиграфической единицей, что было показано на киевском совещании об объеме этого яруса ([5]).

4. На основании изложенного представляется целесообразным поставить на обсуждение вопрос о возможности присоединения намюрского яруса к среднему карбону, помещая его ниже башкирского яруса.

Всесоюзный нефтяной научно-исследовательский
геолого-разведочный институт

Поступило
18 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Л. С. Либрович, Тр. ВНИГРИ, 114 (1939). [2] Н. П. Малахова, ДАН, 74, № 2 (1950). [3] А. Д. Миклухо-Маклай, Р. В. Соломина, ДАН, 101, № (1955). [4] А. А. Пронин, ДАН, 90, № 6 (1953). [5] Резолюция совещ. по вопр. об объеме намюрского яруса и его положении в каменноугольной системе, Киев, 1954. [6] Е. А. Рейтлингер Изв. АН СССР, сер. геол., № 3 (1956). [7] Решения Всесоюзн. совещ. по выработке унифицир. схемы стратиграфии каменноугольных отложений русской платформы, 1951. [8] С. В. Семихатова, Бюлл. МОИП, отд. геол., 30, 5 (1955). [9] Р. В. Соломина, Брахиоподы каменноугольных отложение бассейна р. Шартымки. Автореферат диссертации, 1954. [10] О. Л. Эйнор, ДАН, 104, № 1 (1955). [11] М. Э. Янишевский, Тр. Казанск. общ. естествоисп., 34, 5 (1900).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ГЕОЛОГИЯ

Н. В. ТАГЕЕВА и М. М. ТИХОМИРОВА

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ РАННЕГО ДИАГЕНЕЗА ОСАДКОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

(Представлено академиком Д. И. Щербаковым 30 VII 1956)

В Лаборатории гидрогеологических проблем Академии наук СССР продится геохимическое изучение грунтовых растворов современных мор-их отложений для выяснения геохимии первых этапов формирования под-мных вод в морских осадках, причем изучаются грунтовые растворы осад-в Каспийского и Черного морей.

Работы на Черном море проводились на экспедиционном судне «Акаде-к Зернов», принадлежащем Одесской гидробиологической станции Акаде-и наук УССР. В результате проведенных работ выяснились некоторые жные геохимические черты раннего диагенеза осадков северо-западной сти Черного моря, которым и посвящается настоящее сообщение.

Для получения колонок грунтов Черного моря применялась грунтовая ршневая трубка системы Института океанологии Академии наук СССР нструкции Е. И. Кудинова ([5]). Было получено девять колонок грунтов, ятых в районах на юго-восток и юго-запад от г. Одессы из шельфовой об-сти с глубинами моря не более 40 м и на глубину до 4,5 м от дна. Осадки, унтовые растворы которых изучались, представлены преимущественно леновато-серыми и серыми илами с включениями раковин моллюсков и обломков, местами переходящими в прослои сплошного ракушняка. Воз-ст этих осадков по определению фауны моллюсков, произведенному А. Невесской в Институте палеонтологии Академии наук СССР, отно-тся к современному и четвертичному, не древнее древнечерноморского и воэвксинского.

Грунтовые растворы отпрессовывались из грунта под давлением около 0 кГ/см² по методике, разработанной П. А. Крюковым ([3]). Изучение хими-ского состава грунтовых растворов производилось полумикрометодами. сследование твердой части осадка включало: определение гранулометри-ского состава, карбонатности, углерода органического вещества, натураль-й влажности, емкости поглощения осадков. В некоторых колонках опре-лялся минералогический состав тяжелой и легкой фракций. Часть грун-в анализировалась на присутствие сульфатредуцирующих бактерий А. Кузнецовой (Институт микробиологии Академии наук СССР ([2])).

На рис. 1 приводится геохимическая характеристика осадков станции 18, находящейся примерно в 20 км на запад от г. Одессы, с глубиной ря 22 м и длиной колонки 4,5 м, давшей важный материал к пониманию охимии некоторых морских осадков. По определению фауны верхняя часть лонки (до глубины 0,70 м) относится к современным морским осад-м, средняя — к осадкам не древнее древнечерноморских, нижняя — к от-жениям новоэвксинского опресненного бассейна.

Из рис. 1 видно, что осадки станции № 18 представлены глинистым илом, котором содержание фракции $<0{,}01$ мм колеблется от 70 до 82%; карбо-тность, включая и обломки раковин, составляет в верхней части колонки ,3% и с глубиной снижается до 22,5%. Натуральная влажность осадков

сильно снижается с глубиной по мере уплотнения осадков с 148%* в верхней части колонки до 88% на глубине 4,45 м от дна моря. Содержание органического углерода в этом глинистом осадке составляет от 1,1 до 2,6%. Емкость поглощения осадка возрастает с глубиной от 13,5 до 22,4 мг-экв. на 100 г грунта. Характерно высокое содержание доломита (17,5—28,0% от фракции 0,25—0,01 мм) и пирита (28,6—45,2% от той же фракции); вероятно, эти минералы в дисперсном состоянии содержатся и в глинистой фракции осадка. Степень развития сульфатредуцирующих анаэробных бактерий при посеве на питательную среду во всей колонке оказалась очень сильной.

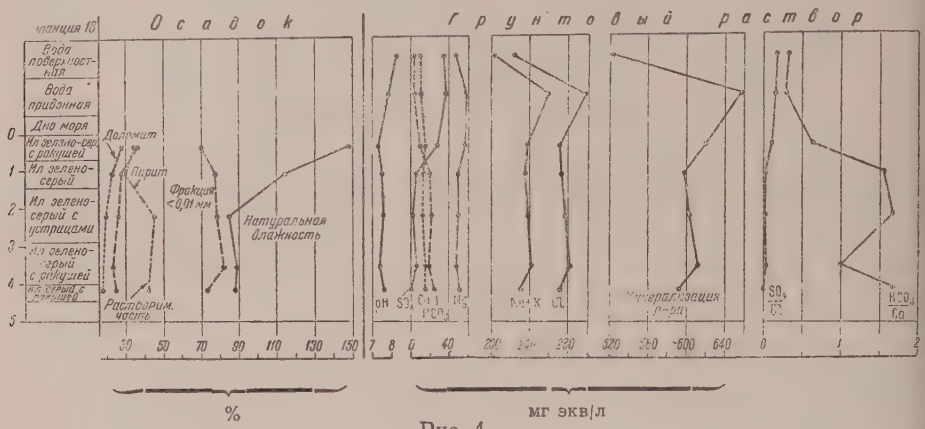


Рис. 1

Химический состав грунтовых растворов осадков станции № 18 значительно отличается от химического состава поверхностной и придонной воды моря той же станции и испытывает изменения с глубиной. Общая минерализация грунтового раствора несколько меньше, чем у придонной воды, причем в наиболее глубокой части колонки раствор опресняется; изменяется вниз по колонке также и содержание хлора и щелочных металлов, что, вероятно, связано с переходом к осадкам новоэвксинского бассейна. Содержание Mg^{2+} и Ca^{2+} в грунтовом растворе мало изменяется по колонке, количество кальция возрастает по сравнению с содержанием его в придонной морской воде, количество магния — уменьшается. Грунтовый раствор станции № 18 принадлежит к хлоридным магниево-натриевым водам морского типа и характеризуется отношением $\frac{Na+K}{Cl} = 0{,}85 - 0{,}87$.

Наиболее ярко проявляется уменьшение содержания SO_4^{2-} в грунтовых растворах колонки по сравнению с придонной водой и в глубь по колонке, причем резкий скачок происходит на глубине около 1,5 м от поверхности моря. Соответственно происходит увеличение содержания в грунтовых растворах HCO_3^{1-}. Все данные, приведенные на рис. 1, говорят о том, что изменения в содержании SO_4^{2-} и HCO_3^{1-} в грунтовых растворах, которые хорошо прослеживаются по изменениям отношений $\frac{SO_4}{Cl}$ и $\frac{HCO_3}{Cl}$, происходят за счет микробиологической, анаэробной сульфатредукции в осадках моря; процесс этот, как типичный для раннего диагенеза морских осадков, установлен многими исследователями. Судя по сильному возрастанию величины $\frac{HCO_3}{Ca}$ в грунтовых растворах станции № 18, в карбонатном равновесии системы: раствор — осадок из числа катионов раствора принимает участие не только Ca^{2+}, но и Mg^{2+}. Присутствие в осадке значительного количества доломита указывает на то, что при нарушении карбонатного равновесия

* На абсолютно-сухой вес грунта.

ванного с пониженным содержанием в грунтовом растворе углекислоты
генного происхождения, из раствора наряду с другими карбонатами вы-
ает доломит. Конечным продуктом микробиологической сульфатредук-
в растворе является и пирит, который в изученных осадках содержится
5% от состава минералов тяжелой фракции.

Таким обазом, доломит и пирит являются в данном случае типичными
азованиями раннего диагенеза морских осадков. Приведенными здесь
ными подтверждается высказанное ранее ([4, 6, 7]) предположение о воз-
кности образования доломита (происхождение которого в морских отло-
ниях все еще загадочно) как диагенетического минерала при сульфатре-
ции в морских осадках.

Лаборатория гидрогеологических проблем
им. Ф. П. Саваренского
Академии наук СССР

Поступило
12 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] С. В. Бруевич, Тр. Океаногр. инст. АН СССР, **4** (1948). [2] Е. Д. Зайцева, , **99**, № 2 (1955). [3] П. А. Крюков, Сборн. совр. методы иссл. физ.-хим. свойств , Изд. АН СССР, **4**, 3 (1948). [4] Н. М. Страхов, Тр. Инст. геол. наук АН СССР, (1951). [5] Н. Н. Сысоев, Тр. Инст. океанол. АН СССР, 5 (1951), стр. 3—10. В. Тагеева, ДАН, **78**, № 3 (1951). [7] О. В. Шишкина, ДАН, **105**, № 6 5).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

МИНЕРАЛОГИЯ

Б. Я. МЕРЕНКОВ, К. И. ТОЛСТИХИНА и А. Л. АЛЕКСАНДРОВ

ТРУБЧАТАЯ СТРУКТУРА СЕРПОФИТА

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 12 VII 1956)

К группе серпофитов относится большое число различных минерало типа водных магнезиальных силикатов: офит, метаксит, пикролит, благород ный змеевик, асбофит и другие, химический состав которых очень близок к составу хризотил-асбеста, хризотила и антигорита (1).

Термин «серпофиты» был введен впервые В. Н. Лодочниковым (2). Об щей особенностью для всех разновидностей минералов группы серпофитов является то, что подавляющее большинство их образовалось путем выде ления из кремнемагнезиальных гелей в виде шестоватых агрегатов с примерно параллельным расположением шестиков, аналогично тому как распола гаются в жилах волокна хризотил-асбеста; совместно с этой шестоватой ма кроструктурой и микроструктурой, имеющей генетически вторичный харак тер, в серпофитах обычно встречается и ленточная макроструктура и микро структура, относящаяся к первичной (рис. 1). Наконец, встречаются разно видности серпофитов, обладающие типичными аморфными макроструктура рами и микроструктурами (рис. 2).

Подавляющее большинство исследователей относит серпофиты к метаколлоидным образованиям ((2, 3) и др.).

На данном этапе изучения группа серпофитов может быть разделена по макроструктурным признакам на следующие разновидности: а) серпофит поперечношестоватый, б) серпофит продольношестоватый, в) серпофит аморфный.

Термины «поперечношестоватый» и «продольношестоватый» определяют пространственное положение шестиков серпофитов по отношению к стенкам вмещающей их трещины: в первом случае шестики расположены перпендикулярно к стенкам трещины, во втором случае они параллельны.

Серпофиты заполняют в серпентинитах обычно тектонические или иного происхождения трещины и пустоты, как самостоятельные выделения или совместно с хризотил-асбестом, являясь типичными гидротермальными образованиями.

Некоторые исследователи (2, 4, 9) выдвигают гипотезу, что серпофиты являются исходными минералами, за счет которых образуется хризотил-асбест путем метасоматического замещения.

Полевые наблюдения Б. Я. Меренкова показывают тесную генетическую связь серпофитов с хризотил-асбестом и вероятность выделения их из одних и тех же растворов, только в несколько отличных физико-химических условиях для каждого из них в отдельности (3).

Микроскопическое исследование серпофитов, проведенное многими геологами, не позволило вскрыть структуру их элементарных частиц, в связи с чем некоторые вопросы генезиса и в частности вопрос о взаимосвязи и с хризотил-асбестом оставался не решенным до конца. Рентгеновский метод не позволяет вести непосредственно наблюдение над формами и характером мелких частиц минералов. Поэтому структура элементарных частиц серпофита оставалась до сих пор никем не изученной.

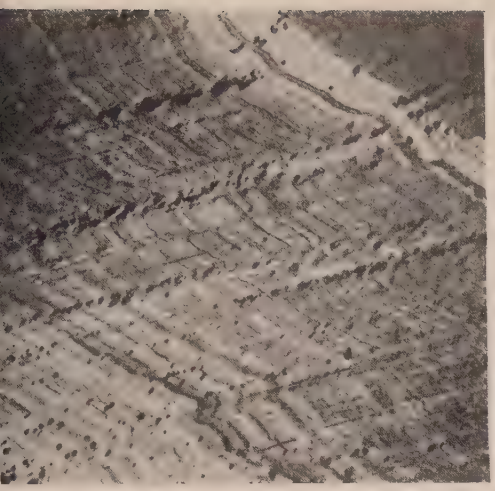


Рис. 1

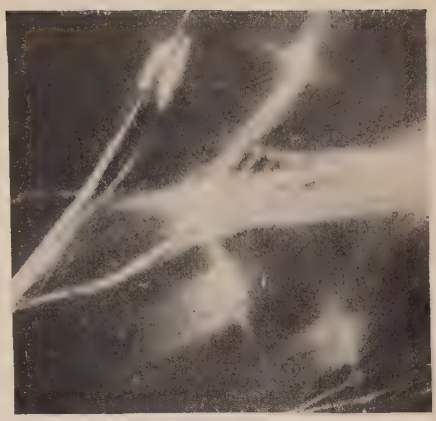


Рис. 2

Рис. 1. Поперечношестоватый серпофит. Хорошо видны ленточная и шестоватая структуры; с образованием последней структуры связано и выделение магнетита (черный). Николи × 24

Рис. 2. Перекрещивающиеся в разных направлениях пучки серпофита в гелевой массе того же состава. Николи × 20×

Рис. 3

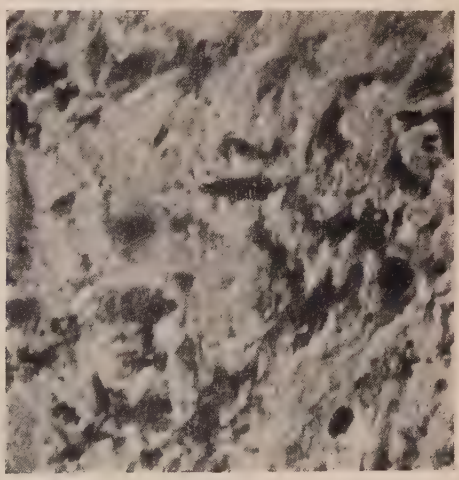


Рис. 4

ис. 3. Структура кораллоподобная продольношестоватого серпофита (обр. 198); месторождение Красноуральское. Метод реплик. 6000×

ис. 4. Структура аморфного серпорфита; месторождение Баженовское (обр. 91). Метод реплик. 6000×, фоторепрод. 3 : 1

Мы предприняли попытку получить электронномикроскопическую структуру серпофита и сравнить ее с электронномикроскопической структурой хризотил-асбеста. Изучением структуры хризотил-асбеста при помощи электронного микроскопа занимались многие ученые как у нас, так и за рубежом ([5], [6], [8]).

В лаборатории ИГЕМ АН СССР (Г. С. Грицаенко) были получены электронномикроскопические снимки серпофитов на наиболее распространенной модели электронного микроскопа (модель ЭМ-3) с электромагнитными линзами и потенциалом ускоряющего поля в 30—40 и 5 кв. В этом типе электронного микроскопа длина волны потока электронов достигает 0,054 Å (снимал А. Л. Александров).

Две изученные разновидности серпофитов относятся: а) к серпофиту пропольношестоватому из Красноуральского месторождения и б) к серпофиту аморфному из Баженовского месторождения.

Для исследования структуры серпофитов был использован метод лаковых реплик, с последующим косым напылением последних тяжелым металлом хромом.

Методика приготовления лакового отпечатка заключалась в следующем: на тщательно полированную поверхность вертикально поставленного образца наносились 1—2 капли 1,5% раствора коллодия в амилацетате, которые растекались по поверхности; затем пленка просушивалась в течение 10—15 мин. при комнатной температуре; после того как пленка высыхала, на нее наносился слой желатины, и затем обе пленки после отделения их от образца опускались в горячую дистиллированную воду, где желатина смывалась, а пленка наносилась на никелированную сеточку; полученную пленку на сетке подвергали напылению металлическим хромом; пленка была расположена под углом 10—15° к направлению движения частиц металла, находясь под стеклянным колоколом вакуумной установки.

После напыления отпечатка хромом, последний снимался на электронном микроскопе несколько раз в разных местах поверхности минерала при увеличении 6000 × (рис. 3, 4).

На рис. 3 изображен электронномикроскопический снимок кососрезанного продольношестоватого серпофита. Обращает на себя внимание коралловидная структура образца серпофита в целом. Вся масса серпофита состоит из бесконечно большого числа плотно прилегающих одна к другой трубок с более или менее одинаковыми диаметром и толщиной стенок.

Ввиду косого среза серпофита установить точно диаметр и толщину стенок отдельных трубок довольно трудно. На основании расчета внутренний диаметр трубок равен 0,03—0,06 μ, внешний диаметр 0,09—0,12 μ. Из работы ([7]) известно, что размеры диаметров трубок хризотил-асбеста следующие: внутренний диаметр ~0,013 μ, наружный диаметр ~0,026 μ. Таким образом оказывается, что внутренний диаметр трубки серпофита на ~0,047 μ, а наружный диаметр на ~0,094 μ больше, чем у хризотил-асбеста.

При более тщательном анализе снимка на рис. 3 выявляются некоторые особенности строения трубок серпофита по сравнению со строением трубок хризотил-асбеста. Так, например, в правом верхнем углу снимка видно, как одна элементарная трубка серпофита, как бы вставлена в другую, со значительно бо́льшим диаметром трубки. Таким образом получается своеобразная структура «трубка в трубке».

На рис. 4 изображен электронномикроскопический снимок аморфного серпофита, который резко отличается от предыдущего снимка продольношестоватого серпофита. На общем фоне бесформенной серой массы аморфного серпофита выделяются пятна темно-серого цвета, соответствующие углублениям, которые разделяют всю массу на отдельные участки, обладающие неправильными «лапчатыми» очертаниями; кроме того, на бесформенной массе изредка встречаются отдельные черные мелкие пятна округлой формы с приблизительно одинаковыми диаметрами — точки, или группа таких

точек, которые мы рассматриваем как выходы неравномерно распределе
ных в аморфной массе отдельных трубок серпофита или группы их.

К этому выводу мы приходим потому, что данный образец серпофит
нельзя назвать аморфным в строгом смысле слова, так как под обыкновен
ным минералогическим микроскопом при скрещенных николях на фо
изотропной массы видны отдельные, весьма тонкие, волосовидные выдел
ния или пучки, действующие на поляризованный свет (см. рис. 2).

Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии
Академии наук СССР

Поступило
3 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] И. П. Алимарин, И. И. Ромм, Сборн. химических анализов минералов и гор
ных пород, Тр. ВИМС, в. 76 (1935). [2] В. Н. Лодочников, Тр. ЦНИГРИ, в. 3
(1936). [3] Б. Я. Меренков, Тр. Моск. геол.-развед. инст. им. С. Орджоникидзе, 2
(1956). [4] Ф. В. Сыромятников, Сборн., посвящен. акад. Д. С. Белянкину, Изд
АН СССР, 1946, стр. 32. [5] M. S. Badollet, Canad. Min. and Met. Bull., **44**, № 468
237 (1951). [6] T. F. Bates, L. B. Sand, I. F. Mink, Science, **111**, № 2889, 51
(1950). [7] H. Jagodzinski, G. Kunze, Neues Jahrb. f. Min., H. 7, 137 (1954)
[8] W. Noll, H. Kircher, Naturwiss., **37**, H. 23, 540 (1950) [9] P. H. Riordon
Econ. Geol., 50, № 1, 67 (1955).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

МИНЕРАЛОГИЯ

М. А. УМОВА, Р. И. ГЛЕБОВ и П. Н. ШИБАНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГАЗООБРАЗНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦЕ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

(Представлено академиком А. Г. Бетехтиным 15 XI 1956)

Газово-жидкие включения минералов, являющиеся остатками минералообразующей среды, издавна привлекали внимание исследователей. Более или менее систематическое изучение включений начинается с начала XIX в. Наибольшее число исследований относится к изучению температур гомогенезации включений, позволяющих определять температуру образования минерала, а иногда и сделать заключение о давлении, существующем при

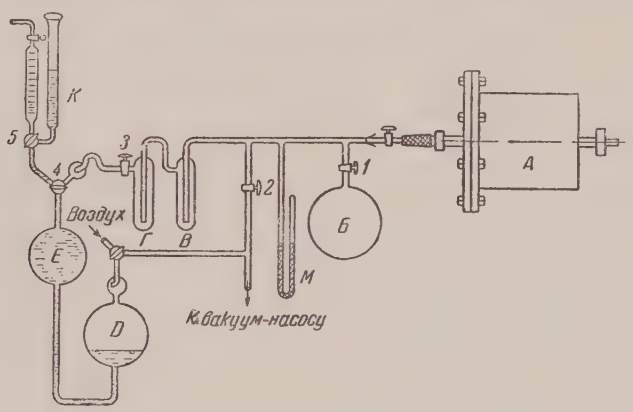


Рис. 1. Схема установки для извлечения газообразных включений из минералов

возникновении минерала. Значительное внимание уделяется также определению химического состава жидких включений и механизму их образования. Меньше работ посвящено исследованию химического состава газообразных включений ([1–4]).

В Свердловском горном институте в 1953 г. была сконструирована и изготовлена установка для выделения включений без нагревания минерала или горной породы, применяя их размельчение в вакуумной шаровой мельнице. Схема установки для извлечения из мельницы выделившегося газа и переведения его в газовую бюретку с одновременным отделением паров воды изображена на рис. 1.

Проведение опыта заключается в следующем: 300 г минерала в виде кусков размером в 1—2 см загружаются в мельницу *А* и откачиваются до 10^{-3} мм рт. ст. Затем мельница отсоединяется от вакуумной установки и присоединяется к редуктору, не изображенному на схеме, дающему 78 об/мин. После размола, который продолжается 1,5—2 часа, мельница вновь присоединяется к вакуумной установке, и в соединительных трубках и в колбе *Б* создается вакуум до 10^{-3} мм рт. ст. После этого закрываются краны *1*, *2* и *3*,

и открывается кран к мельнице, и по изменению давления рассчитывается общее количество выделившихся паров воды и газов. Для конденсации паров воды служат ловушки *В* и *Г*, погружаемые в холодильную смесь с температурой —20°. Создавая вначале разрежение, а затем давление в колбе *D* газ медленно засасывают в колбу *Е*, а затем переводят в газовую бюретку. Колба и газовая бюретка предварительно заполняются 74%-й H_2SO_4.

Переведенный в бюретку газ находится под пониженным давлением; для того чтобы привести его к атмосферному давлению служит уравнительная трубка *К*, заполненная той же кислотой. Для определения количества влаги холодильная смесь убирается и сконденсировавшаяся в ловушках влага испаряется. Предварительно закрывается кран к мельнице и открывается кран к колбе *Б*, находящейся под вакуумом. Объем колбы *Б* примерно в десять раз больше объема соединительных трубок и ловушек, для того, чтобы в процессе испарения влаги не получался насыщенный пар. По изменению давления в трубках и колбе определяется количество водяных паров.

Для определения состава газа он переводится в специально сконструированный газоанализатор, позволяющий анализировать 2 мл газа. В газе определялось содержание CO_2, непредельных углеводородов, O_2, CO и H_2 ([5],[6]). По разности находилось содержание азота и инертных газов. После проведения газового анализа в растворе первого поглотительного сосуда, содержащего раствор щелочи, определялось содержание хлора турбидиметрическим способом ([7]). Точность определения хлора составляет 0,01%. Непредельные углеводороды не были обнаружены ни в одном из опытов.

Газовые включения исследовались для четырех образцов кварца: два из Березовского золоторудного месторождения (один из Шеелитовой жилы и другой из сульфидной жилы), один образец с горы Хрустальной и один из Белореченского колчеданного месторождения — из жилы, секущей рудное тело. Из образцов кварца были приготовлены шлифы.

Исследование шлифов под микроскопом показало, что включения в Березовском кварце весьма многочисленны, равномерно рассеяны, удлинены в одном направлении, но с трещинами не связаны. Часто встречаются двухразовые, а иногда и многоразовые включения. Шлиф кварца горы Хрустальной показал многочисленные трещины, ориентированные в одном направлении, реже встречаются секущие трещины. Включений в этом кварце значительно меньше и они более мелкие. Большинство включений приурочено к трещинам, из чего можно сделать вывод, что они являются вторичными или первично-вторичными. В кварце Белореченского месторождения включения распространены по всей площади шлифа более или менее равномерно. Встречаются непрозрачные включения рудных минералов, причудливой формы. По количеству газово-жидких включений этот кварц занимает промежуточное положение между кварцем горы Хрустальной и березовским.

В результате дробления навески кварца остается от 80 до 150 г кускового материала. Крупность раздробленного кварца такова, что через сито в 325 меш проходит от 70 до 80% размельченного материала. Полученные результаты определения количества газообразных включений и паров воды, рассчитанные на 100 г размельченного кварца, и анализа газообразных включений представлены в табл. 1.

Многочисленность включений и их микроскопические размеры делают вещество минерала более или менее однородным, а результаты опытов относительно воспроизводимыми. Исключение составляет опыт № 12 в котором, видимо, попались кусочки кварца с включениями, богатыми хлором.

Присутствие окиси углерода в опытах №№ 2, 6 и 7 можно объяснить применением в этих опытах для поглощения CO аммиачного раствора одновалентной хлористой меди, способного поглощать некоторые количества водорода. После замены этого раствора суспензией сернокислой закисной меди окись углерода не была обнаружена ни в одном образце кварца.

Данные табл. 1 показывают, что газообразные включения в кварцах различных месторождений резко отличаются по своему составу. Найденный

Таблица 1

Результаты исследования газово-жидких включений

№ опытов	Объем включений в мл на 100 г кварца		Состав газа в %						
	паров воды	газа	CO_2	Cl_2	O_2	CO	H_2	N_2	сумма
Кварц из шеелитовой жилы Березовского месторождения									
2	49		82	не опр.	1,0	1,0	8,0	8,0	100
5	49		86	„ „	4,0	0,0	10,0	0,0	100
16	36	15	94	0,02	1,0	0,0	2,0	3,0	100
Кварц из сульфидной жилы Березовского месторождения									
9	60		83	не опр.	2	0,0	8,0	7,0	100
14	37	12	90	0,02	4	0,0	6,0	0,0	100
Кварц горы Хрустальной									
12	2,4	1,2	40	2,0	8,0	0,0	50,0	0,0	100
13	3,2	1,2	46	0,1	7,0	0,0	47,0	0,0	100
15	3,6	1,3	51	0,01	2,0	0,0	46,0	1,0	99
Кварц Белореченского месторождения									
6	24		14	не опр.	5,0	2,0	38,0	41,0	100
7	19		5	„ „	5,0	3,0	53,0	34,0	100
8	21		3	„ „	6,0	0,0	68,0	23,0	100
11	12	4	6	0,2	8,0	0,0	48,0	38,0	100

ыми состав включений соответствует тому, которого можно было бы ожидать а основании имеющихся представлений об условиях формирования соответствующих месторождений.

Свердловский горный институт
им. В. В. Вахрушева

Поступило
9 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] R. T. Chamberlin, Carnegie Inst. Washington, **106** (1908). [2] Х. С. Никосян, Тр. 3 совещ. эксп. минерал. и петрогр. АН СССР, 1940, стр. 55. [3] А. И. Заварченко, Минералообразующие растворы и генезис кварцевых жил, 1955, стр. 59. [4] П. М. Татаринов, Условия образований месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых, 1955, стр. 102. [5] А. Н. Блаженнова, А. А. Ильинская, М. Рапопорт, Анализ газов в химической промышленности, 1954, стр. 60. [6] Н. А. Груздева, Зав. лаб., **10**, 1247 (1949). [7] А. А. Резников, Е. П. Муликовская, Методы анализа природных вод, 1954, стр. 167.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

Б. П. ВЬЮШКОВ и П. К. ЧУДИНОВ

ОТКРЫТИЕ КАПТОРИНИД В ВЕРХНЕЙ ПЕРМИ СССР

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 16 VII 1956)

Летом 1955 г. геолог М. С. Кавеев нашел на правом берегу Вятки, на бе-ревнике, в 1,0—1,5 км ниже пристани Горки (Малмыжский район Киров-ской области), обломок челюсти, который был передан нам для изучения. Об-ломок был частично включен в плотный, очень твердый песчаник-конгломе-рат, с трудом поддающийся препаровке. Вместе с челюстью был найден обломок диафиза плечевой кости примитивной рептилии. Эти находки сде-ланы в основании обнажений белебеевской свиты, поэтому возраст живот-ного должен быть признан верхнепермским.

Изучение остатков показало, что они принадлежат котилозаврам из се-мейства капторинид, не известным прежде ни с территории Советского Сою-за, ни вообще с территории Восточного полушария. Остатки принадлежат животному нового вида и рода, названному Gecatogomphius kavejevi (ἑκατον— сотня, γομφιος — коренной зуб; видовое название дано в честь М. С. Кавеева).

Отряд COTYLOSAURIA

Сем. CAPTORHINIDAE

Род: Gecatogomphius gen. nov.

Тип рода: G. kavejevi gen. et sp. nov.

Диагноз. Средней величины капторинид, с черепом 10—15 см дли-ной, сильно расширенным в задней половине. Нижняя челюсть массивная, с грубой бугорчато-ямчатой скульптурой. Зубная кость с широкой горизон-тальной площадкой на внутренней стороне, несущей более четырех десятков зубов, расположенных пятью рядами. В области симфиза и переднего конца челюсти шесть несколько увеличенных зубов. Прикрепление зубов текоак-подонтное. Ветви нижней челюсти образуют в симфизе угол около 80°. Верх-няя пермь, белебеевская свита; Прикамье.

Gecatogomphius kavejevi sp. nov.

Голотип. Правая зубная кость,— ПИН 1156/1 (рис. 1).

Описание. Длина зубной кости около 80 мм (задний конец повреж-ден). Расстояние от первого симфизного зуба до заднего края альвеолы последнего щечного — 69 мм, толщина в передней части — 9 мм; максималь-ная толщина — 19 мм. Высота в передней части — 12 мм; максимальная толщина — 17—18 мм. Из 6 зубов, расположенных в области симфиза и переднего конца челюсти, 5 образуют ряд по внешнему краю, а 6-й располо-жен с лингвальной стороны между II и III зубами. Зубы толстые, конические, направленные несколько наружу, со вздутыми основаниями и слабо отогну-тыми внутрь вершинками. I зуб мал, II и IV равны по величине (около 8 мм длиной); III — наибольший — достигает почти 10 мм в длину. От V и VI

(внутреннего) сохранились лишь альвеолы. Назад от V зуба внутренняя сто-
рона зубной кости образует широкую горизонтальную пластинку, постав-
ленную к латеральной стенке кости под углом 90°, и имеющую форму сег-

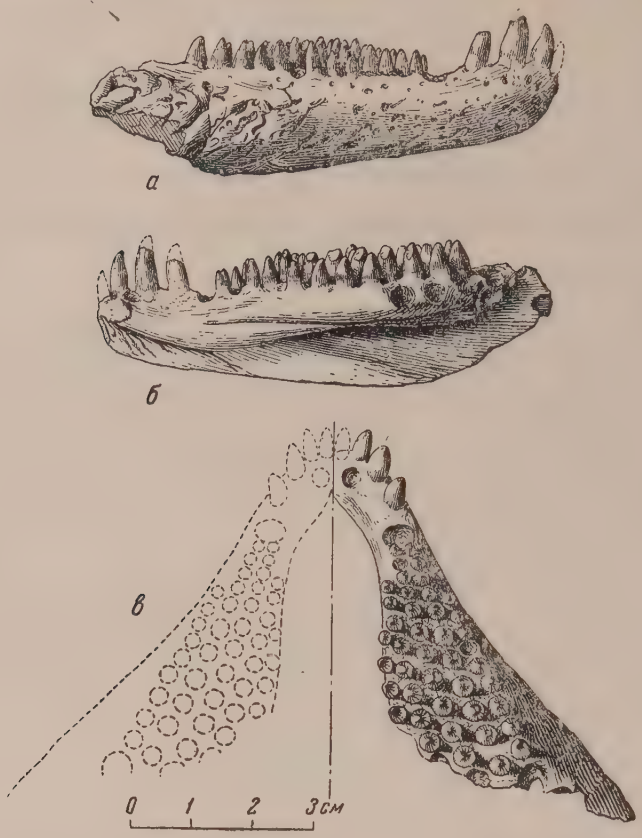


Рис. 1. Gecatogomphius kavejevi gen. et sp. nov. Колл. ПИН 1156. Нижняя челюсть: *а* — с наружной стороны; *б* — с внутренней стороны; *в* — сверху

мента круга. На этом участке челюсти помещается 47 зубов, расположенных 5 продольными рядами (табл. 1).

Зубы конические, с толстыми основаниями; размеры зубов незначительно увеличиваются спереди назад от 3—4 до 6 мм высоты, поэтому зубные ряды назад слегка расходятся. Зубы распо-

Таблица 1

№ ряда, считая с внешей стороны	Расстояние от симфиза до первого зуба (в мм)	Длина ряда (в мм)	Число зубов в ряду
1	32	37	10
2	22	41	11
3	20	43	12
4	26	37	9
5	34	21	5

ложены почти правильным шахматным порядком. Правильность эта, однако несколько нарушается более тесным расположением зубов во внешнем ряду. Первые два зуба этого ряда небольши и несколько отогнутые наружу. Зубы 3—4-го рядов самые массивные. На боковых участках вершинок многих зубов наблюдаются площадки истира ния, спадающие вниз иногда до поло вины высоты зуба. Во внешнем ряду небольшая площадка наблюдается на внешней стороне VII зуба; это пока зывает, что внешний зубной ряд верхней челюсти в сомкнутом состоянии располагался снаружи от такового нижней. Во 2-м ряду площадки исти

ния имеются на внешней стороне V—X зубов, причем у трех последних они очень крупные. У V и VI зубов этого ряда небольшие площадки есть и на внутренней стороне. В 3-м ряду в какой-то мере стерты все зубы, начиная с IV, причем VII очень сильно и с обеих сторон. У последнего сохранившегося зуба этого ряда (XI) незначительная площадка истирания расположена на наружной стороне ниже вершинки.

В 4-м ряду стертости имеются у всех зубов, причем сильнее развиты на внутренней стороне. Особенно сильно стерты IV и V зубы. В 5-м ряду небольшие площадки имеются на лингвальной стороне двух первых зубов. Лингвальные стороны зубов этого ряда не повреждены. Таким образом можно думать, что зубы верхней челюсти располагались также 5 рядами. Прикрепление зубов текоакродонтное. Судя по выпавшим V и VI передним зубам, с/ зубу внешнего ряда и II зубу 3-го ряда, устанавливается, что глубина альвеол достигает от $^1/_4$ до $^1/_3$ высоты зуба. Основание каждого зуба сращено с приподнятым тонким чехлом костной ткани. На разломах наблюдается, что толщина слоя эмали была довольно значительной. От последних зубов 1-го и 3—5-го рядов сохранились только участки альвеол.

На внутренней стороне челюсти, ниже несущей зубы площадки располагается большая полость, по-видимому, замыкающаяся изнутри spleniale. Симфизная площадка не велика. Spleniale, по-видимому, достигала симфиза. Скульптура на внешней стороне челюсти грубая, в виде неправильных бороздок и ямок. В задней части по верхнему краю отмечается удлиненная площадка, лишенная скульптуры.

Общие замечания. Капториниды — важная группа котилозавров, возможно предковая для ветви зверообразных пресмыкающихся ([4]). Представители собственно семейства Captorhinidae до настоящей находки были известны только из нижнепермских отложений США (Техас, Оклахома) из серий Вичита, Клир-Форк, свит Сан-Анджело и Флауэр-Пот ([5,6,8]). Отсутствие капторинид в Восточном полушарии полагалось одной из причин разных путей эволюции пермских четвероногих Западного и Восточного полушарий ([7]).

Новая находка показывает несостоятельность этих взглядов. Среди североамериканских капоринид наиболее древним является род Captorhinus, распространенный от середины серии Вичита до верхов Клир-Форк. Представители этого рода, в отличие от вновь описанного, имеют всего три ряда зубов в верхней и нижней челюстях. Род Captorhinoides из верхов Клир-Форка, близкий к Captorhinus, также имеет в верхней и нижней челюстях по три ряда неправильно расположенных зубов. Более близок к новому роду Labidosauricos, имеющий в нижней челюсти IV—V, а в верхней V—VI правильно расположенных зубных рядов. Однако, эти ряды у него иначе расположены, а в симфизной области первый зуб, в сравнении с последующими сильно увеличен. У рода Captorhinicos в нижней челюсти четыре и в верхней— пять правильно расположенных рядов, однако у него несущая зубы площадка значительно уже, а число зубов в рядах меньше. Кроме того, в симфизной области у него только один увеличенный зуб.

Перечисленные роды отличаются от нового также более мелкими размерами. Все они, за исключением Captorhinus, найдены в верхней части серии Клир-Форк, в формациях Вейл и Чоза. Последний североамериканский капторинид Rothia ([8]) из формаций Сан-Анджело и Флауэр-Пот (самые верхи нижней или самые низы верхней перми) отличается от нового рода большей величиной, меньшим числом и неправильным расположением зубных рядов и увеличенным передним зубом в нижней челюсти. Помимо перечисленных различий, новый род отличается от всех известных капторинид очень значительной шириной черепа в области нижнечелюстных суставов. Генетически он, по-видимому, более близок капторинидам типа Labidosauricos и Captorhinicos.

Новый род из-за значительного расширения черепа, развития большой несущей зубы площадки на зубной кости и сильного увеличения передних

зубов представляется более специализированным по сравнению с капторинидами из Красных слоев США. Это бесспорно стоит в связи с его более поздним геологическим возрастом. Вполне возможно, что Gecatogomphius представляет одно из заключительных звеньев в развитии группы капторинид.

В этой связи следует подчеркнуть одну его особенность, а именно — текоакродонтный тип прикрепления зубов. К сожалению мы не встретили в литературе указаний на тип прикрепления зубов у капторинид. Однако известно, что у рептилий развитие идет от акродонтного типа прикрепления к текодонтному, следовательно развитие текоакродонтности — показатель известного эволюционного прогресса и более позднего геологического возраста.

Находка капторинид в верхнепермских отложениях Русской платформы, наряду с открытием фауны наземных позвоночных североамериканского типа в нижнепермской кийминской свите Северного Казахстана ([1,2]), установлением проблематических эдафозавроидов Phreatosuchidae в фаунах медистых песчаников (низы верхней перми Приуралья) ([3]) и еще не описанной находкой типичных казеидных пеликозавров в нижнеустьинской свите (низы татарского яруса) Архангельской области, говорит о связи фаун Евразии и Америки в пермском периоде. Здесь возможны два предположения: 1) связи между этими материками в перми вообще были достаточно тесными, и нижнепермские позвоночные, типа известных из Красных слоев США, пользовались широким географическим распространением, а редкость их находок в Евразии — следствие недостаточной изученности; 2) эти связи не были постоянными, а устанавливались на короткие промежутки времени (конец нижней — начало верхней перми), когда и происходило проникновение форм с одного континента на другой. Решить, какое из этих предложений более достоверно, можно лишь на основании новых фактов.

Палеонтологический институт
Академии наук СССР

Поступило
29 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Б. П. Вьюшков, Бюлл. МОИП, отд. геол., № 6 (1952). [2] И. А. Ефремов, ДАН, **77**, № 4 (1951). [3] И. А. Ефремов, Тр. Палеонтол. инст., **54** (1954). [4] F. Huene, Neues Jahrb. Geol. u. Paläontol. Monatsh., № 7 (1954). [5] E. C. Olson, J. Geol., **62**, № 5 (1954). [6] E. C. Olson, Fieldiana. Geol., **10**, № 19 (1954). [7] E. C. Olson, Fieldiana. Zool., 37 (1955). [8] E. C. Olson, J. R. Beerbower, J. Geol., **61**, № 5 (1953).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

Е. Л. КУЛИК

НАХОДКА RHABDOPORELLA В ВЕРХНЕДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ И КАЗАХСТАНА

(Представлено академиком Н. С. Шатским 27 VII 1956)

В отложениях нижнего палеозоя Западной Европы (Германия, Швеция, Норвегия, Англия) рядом авторов были описаны ископаемые водоросли Rhabdoporella, относимые к мутовчатым сифонеям. Впервые выделил и описал эти водоросли Е. Столлей ([8]) в 1893 г. из нижнесиллурийских (ордовичских) валунов в делювии западного Гольштейна около Киля. Позднее, в 1913 г. А. Ротплетцом ([7]) были описаны два вида рабдопорелл из верхнего силура острова Готтланда. Из ордовичских валунов Норвегии Д. Хёгом ([3]) был описан вид, близкий к нижнесилурийскому виду Столлея, и из отложений лландовера Уэлса, описан еще один новый вид Люисом ([4]).

О наличии этих мутовчатых сифоней на территории Советского Союза данных не было, если не считать описанной А. Г. Вологдиным ([1]) Rhabdoporella disparrimosa из нижнего камбрия (?) хребта Чингиз в Казахстане.

В шлифах коллекции Х. С. Розман из Северного Прибалхашья, а также в шлифах из Мелекесской скважины, переданных в лабораторию микрофауны Геологического института Академии наук СССР для уточнения возраста отложений, были обнаружены остатки обызвествленных трубочек, которые отнесены к роду Rhabdoporella Stolley. Это первая находка остатков рабдопорелл хорошей сохранности в Советском Союзе, возраст которых датируется верхним девоном, точнее верхней частью фаменского яруса, по соответствующей фауне брахиопод (Cyrtospirifer cf. sulcifer Н. С. в Казахстане) и по фауне фораминифер (Septatournayella rauseri и Endothyra communis на Русской платформе).

Как указывалось выше, впервые этот род описал и дал его изображение Е. Столлей. Он характеризовал эти ископаемые остатки как прямые стволики неизвестной длины, правильно округлые в поперечном сечении, с тонкой стенкой и большой центральной полостью. Тонкие поры, соответствующие первичным ответвлениям центральной клетки, идут всегда совершенно перпендикулярно от нее и имеют между собой сравнительно широкие обызвествленные пространства. Наряду с обычными поперечными сечениями им отмечаются такие же сечения, но имеющие очень небольшую центральную полость или же вообще не обнаруживающие последней. Никаких размеров автором не указывается, кроме того, что в поперечном сечении ископаемые имели не более 0,5 мм.

А. Ротплетц в своем описании подтверждает данные Е. Столлея о строении этих водорослей и отмечает также нахождение поперечных сечений с уменьшенными внутренними полостями и даже с отсутствием таковых. Ф. Ротплетц уточняет форму каналов, по его данным, диаметр которых от внешней и внутренней сторон стенки имеет тенденцию к некоторому расширению. Кроме того,этим автором приводится ряд замеров каналов, поперечных сечений, толщины стенки. Интересны отмеченные Ротплетцом две характерные черты этого рода: неодинаковая толщина стенки у одного и того же индивидуума и явление черного креста в скрещенных николях.

Таблица 1

Измерения описанных видов Rhabdoporella Stolley

Наименование видов	Длина (L), мм	Наружный диаметр (D), мм	Внутренний диаметр (d), мм	$\frac{100\,d}{D}$	Толщина стенки, μ	Диаметр каналов, μ	Промежуточные поясски, μ	Число каналов в поперечн. сечении.	Местонахождение, возраст
Rh. baccillum Stolley, 1893	2,0	0,50	0,34	62—70	80	5—6	80		Германия, верхн. ордовик
Rh. pachiderma Rothpletz, 1931	до 3,0	0,12—0,42	0,02—0,03	24—63	30—100		30	до 30	Швеция, готландий
Rh. Stolleyi Rothpletz, 1913	до 1,5	0,23—0,08	0,05—0,15	58—70	15—36		160	до 15	Швеция, готландий
Rh. disparrimosa Vologdin, 1930	—	0,50—1,5	0,33	33	33	10—30	15—60		Казахстан, кембрий
Rh. cf. baccillum Höeg, 1932	4,5	0,25—0,42	0,16—0,22	75	50—70	20—30	50—60		Норвегия, ордовик
Rh. intermedia Lewis, 1937	1,3	0,16—0,33	0,12—0,23	50—74	20—60	5—16	40	ок. 20	Англия, лландовер
Rh. melekesensis sp. nov.	до 1,02	0,11—0,18	0,05—0,15	60—70	17—24	2	5—7	40—60	Русская платформа, Казахстан, верхн. девон

Как Ротплетцом, так и другими авто
рами, описывавшими рабдопорелл, отме
чается, что эти маленькие сифонниковы
водоросли встречаются спорадически, т
в единичных экземплярах, то в изоби
лии, а иногда являются даже породооб
разующими (Ротплетц, Хёг и др.), так чт
Ротплетц, например, применяет к поро
дам, сложенным в значительной степен
рабдопореллами, выражение «Siph
neenkalk».

Суммируя все описания рабдопорелл
как первое, так и последующие, его до
полняющие, можно сформулировать ди
агноз рода нижеследующим образом.

Rhabdoporella Stolley

Сифонниковые водоросли с мелкими
известковыми цилиндрическими чехла
ми, округлыми в поперечном сечении
с внутренней центральной ячеей, иногд
не строго округлой в сечении из-за раз
ной толщины стенки. Стенка обычно со
ставляет около $^1/_3$ наружного диаметра
чехла. Чехол пронизан многочисленны
ми каналами от первичных ответвлений
довольно равномерно расположенных на
всем протяжении обломка и перпендику
лярно наружной поверхности; каналь
нередко имеют расширения со стороны
внутренней и наружной поверхности
стенки чехла, достигающие двух-трех
кратных размеров диаметра каналов
средней их части. В поперечном сечени
чехлов в скрещенных николях наблю
дается четко выраженный черный крест

Rhabdoporella melekesensis sp. nov.

Известковый чехол цилиндрический
прямой или, возможно, очень слабо изог
нутый; длина встреченных обломков о
0,24 до 0,93 мм. Наружный диаметр
чехла колеблется от 0,11 до 0,80 мм
наиболее часто встречаемые размеры
0,14—0,16 мм; внутренний диаметр
(центральная ячея) 0,05 — 0,14 мм, чащ
около 0,10 мм. Процентное отношени
внутреннего диаметра к наружному нахо
дится в пределах величин известных дл
Rhabdoporella, а именно $\frac{100\,d}{D}$ =60—70%
Стенка чехла довольно тонкая, состав
ляет около $^1/_3$ наружного диаметра труб
ки, иногда неравномерной толщины у од
ного и того же экземпляра, что особен
но хорошо видно в поперечных сечениях

К статье Е. Л. Кулика, стр. 527

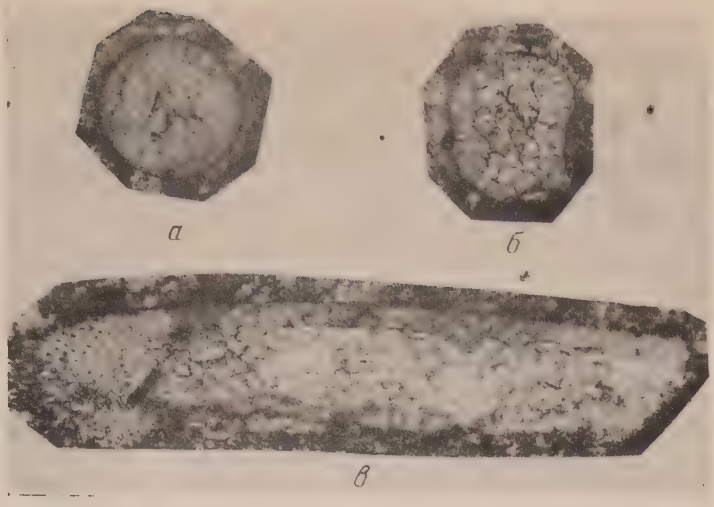


Рис. 1. Продольное и поперечные сечения известкового чехла Rhabdoporella melekesensis sp. nov. Верхний девон (верхи фаменского яруса), скв. Мелекес. 110 ×; *а*, *б*, поперчные сечения, на которых видны расходящиеся каналы первичных ветвлений и неодинаковая толщина стенки, *в* — продольное, переходящее в тангенциальное сечение, на котором хорошо видны каналы (в продольном сечении) и устья их на внешней поверхности в тангенциальном сечении

К статье В. Н. Шиманского, стр. 530

Рис. 1. Antonoceras balaschovi gen. et sp. nov. Вид голотипа: *а* — с вентральной стороны. *б* — со стороны перегородки (0,5) ×; нижний карбон, алексинский горизонт, окр. г. Михайлова

Рис. 2. Argoceras chinense gen. et sp. nov. *а* — боковой вид голотипа, *б* — пришлифованный экземпляр (1 ×); нижний карбон, Синь-цзян

ис. 1, *а*, *б*); толщина стенки колеблется от 17 до 38 μ, в среднем 24 μ. Чехол дорослн на всем своем протяжении пронизан многочисленными прямыми налами первичных ответвлений, расположенных перпендикулярно наружной стенке и довольно равномерно; в поперечном сечении число каналов стигает до 60. Диаметр каналов 2 μ и расстояние между ними (промежуточные пояски) не превышает 7 μ для экземпляров из Мелекеса и 5 μ для экземпляров из Казахстана. Иногда наблюдается слабое расширение каналов около устья их на наружной, а иногда и у внутренней поверхности стенки. Стенка состоит из тонких кристалликов кальцита, расположенных своей длинной осью перпендикулярно наружной поверхности чехла, что вызывает в скрещенных николях явление черного креста.

Сравнения и замечания. По своим морфологическим признакам встреченные нами формы целиком отвечают родовому диагнозу Rabdoporella Stolley, согласно описаниям и изображениям предыдущих исследователей. Наша форма отличается от раннее описанных ордовикских и готландских видов своей большей миниатюрностью, меньшим диаметром каналов, более частым их расположением и, соответственно, большим числом каналов в поперечном сечении. Отличия нашего вида от других описанных представителей этого рода даны в табл. 1.

Выделение в самостоятельный вид казахстанских форм, отличающихся от мелекесских только еще более тесным расположением каналов, мы считаем нецелесообразным,так как все остальные признаки совершенно аналогичны.

На нашем материале по-прежнему остается неясным вопрос о внешней форме известкового чехла рабдопорелл, т. е., вернее, представляли ли они собой закрытые на вершине трубочки или нет. Наличие в шлифах одновременно поперечных сечений с разным диаметром внутренних полостей, в некоторых случаях сходящих почти на-нет, как будто наталкивает на мысль, что, возможно, у доживших до определенного возраста водорослей, оставшихся в росте, обызвествлялась и вегетативная часть клетки. Предполагать более раннюю стадию полного обызвествления вегетативной части труднее, хотя и это не исключается.

Местонахождение и возраст. Казахская ССР, Карагандинская обл., верхняя часть фаменского яруса; скважина Мелекес, Татарская ССР, верхняя часть фаменского яруса зона с Septatournayella rauseri и Endothyra communis.

Геологический институт
Академии наук СССР

Поступило
18 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. Г. Вологдин, Ежегодн. Русск. палеонтол. общ., 9, 1930. [2] A. Hadding, Bidrag till Gotlands Geol.-Mineral. Inst., № 55 (1933). [3] O. A. Höeg, Skrift. Norsk. Videnskaps-Akad. Oslo, math.-naturw. kl., № 4 (1932). [4] H. P. Lewis, Ann. Mag. Nat. Hist., London, ser. 10, 20 (1937) [5] J. Pia, Handb. d. Paleobotanik in Hirmer, Berlin, 1927. [6] J. Pia, Pflanzen als Gesteinbildner, Berlin, 1926. [7] A. Rothpletz, Sverig. Geol. Undersokn., ser. Ca, № 10 (1913). [8] E. Stolley, Neues Jahrb. f. Miner., Geol. Palaeont., 3, 1893.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

В. Н. ШИМАНСКИЙ

КАМЕННОУГОЛЬНЫЕ ONCOCERATIDA

(Представлено академиком И. И. Шмальгаузеном 11 X 1956)

Одной из наиболее интересных групп наутилоидей являются Oncocera tida. К этому отряду относятся самые разнообразные формы — прямые согнутые и даже полностью свернутые, конические и боченкообразные с простым или, часто, весьма оригинальным по конфигурации устьем. На конец, встречаются формы, различающиеся по устройству сифона. У мно гих представителей отряда он широкий, с резко расширяющимися в воздуш ных камерах сегментами и сериями радиальных пластинок внутри сифона На поперечной пришлифовке или расколе такой сифон внешне несколько напоминает коралл. Одним из наиболее ярких примеров подобного рода служит сифон Polyelasmoceras. Такая структура сифона характерна не только для отдельных родов, но, по-видимому, и для целых семейств (например, Nothoceratidae). У многих представителей отряда онкоцератид сифон устроен значительно проще и почти не отличается от сифона псевдо ртоцератид из отряда Orthoceratida.

Наибольшего разнообразия строение сифона Oncoceratida достигло в девоне. Первые представители этого отряда известны из ордовичских отло жений, однако тогда он не играл заметной роли. Из 18—20 семейств, отно симых к данному отряду, в ордовике известно только пять, причем лишь два из них (Allumettoceratidae, Diestoceratidae) являются исключительно ордо вичскими. Из силурийских отложений известны представители еще пяти семейств. В девоне появляются шесть новых семейств, но часть старых выми рает. Всего из девонских отложений известны представители 14 семейств Именно девонский период и являлся временем наибольшего разнообразия и, по-видимому, расцвета группы. Если ордовик и силур можно условно назвать «временем эндоцератид и актиноцератид», то девонский с таким же успехом может быть назван «временем онкоцератид и ортоцератид» (имеются в виду отряды). В самом конце девона и начале карбона происходит резкое уменьшение числа семейств и родов онкоцератид. До сих пор считали, что в нижнекаменноугольных отложениях отряд был представлен только двумя родами — Poterioceras и Welleroceras. Первый из них широко распростра нен по всему свету, второй известен только из С. Америки. В действитель ности отряд представлен в карбоне минимум шестью родами, принадлежа щими к трем семействам, описание которых приводится ниже. Сравнитель ное изучение каменноугольных Oncoceratida позволяет установить некоторые их особенности. Это, в первую очередь, отсутствие среди каменноуголь ных онкоцератида полностью свернутых или улитковидных форм, харак терных для девона. По-видимому, это объясняется уже достаточно значи тельным распространением настоящих наутилоидей, принадлежащих к от ряду Nautilida. Как предполагают, они произошли от Oncoceratida в девоне и вытеснили в первую очередь формы наиболее сходные и, очевидно, при способленные к тем же условиям существования. Форма раковины камен ноугольных Oncoceratida боченкообразная или грушевидная, реже прямая. В последнем случае поперечное сечение раковины приближается к треуголь

му или же оно широко овальное, а одна из сторон раковины (предположительно вентральная) уплощена. По-видимому, у всех каменноугольных ро- отсутствует или развит очень слабо вентральный синус, что говорит крайне слабом развитии воронки. Вторым моментом, привлекающим внимание исследователя, является очень простое строение сифона. У всех изученных из каменноугольных отложений форм он небольшого диаметра, лишен внутрисифонных отложений и имеет отогнутые сифонные дудки. Наконец, третье, что привлекает к себе внимание, в строении каменноугольных Oncoceratida,— это отсутствие (по-видимому, полное) внутрикамерных отложений. Правда, об этом приходится говорить предположительно, так как сохранность многих каменноугольных наутилоидей очень плохая.

Все указанные особенности позволяют предполагать, что каменноугольные представители Oncoceratida вели малоактивный образ жизни: или ползали по дну, или парили над ним.

Следует надеяться, что дальнейшее изучение этих последних представителей некогда процветавшей большой группы позволит выяснить ряд ее интересных биологических особенностей. Каменноугольные Oncoceratida представляют интерес и для стратиграфии, так как они легко распознаваемы даже в обломках и позволяют сразу установить принадлежность остатков к тому или другому роду. Ближайшей задачей является выяснение приуроченности отдельных видов к определенным ярусам и горизонтам. Ниже приводится описание семейств, родов и новых видов каменноугольных Oncoceratida на основании пересмотра известного в литературе материала и изучения коллекций, хранящихся в Палеонтологическом институте Академии наук СССР.

Сем. TRIPLEUROCERATIDAE SHIMANSKY, fam. nov.

Раковина гладкая или скульптурированная, прямая слабо расширяющаяся, с округло-треугольным поперечным сечением, плоской вентральной и угловатой дорсальной сторонами. Перегородочная линия с высоким седлом на дорсальной стороне и небольшими латеральными лопастями. Сифон приближен к вентральной стороне, с расширяющимися сегментами, всегда с вертикальными пластинками, не доходящими до центра. Девон — каменноугольный карбон. Включает два рода.

1. Tripleuroceras Hyatt, 1884. Тип рода — Orthoceras archiaci Barrande, 1865; средний девон Богемии. Раковина поперечноребристая. Поперечное сечение округло-треугольное, сифон прилегает или близок к вентральной стороне, содержит пластинки. Соединительные кольца цилиндроидные. Четыре-пять видов. Девон СССР и Зап. Европы.

2. Psiaoceras Shimansky, gen. nov. Тип рода — Gomphoceras hesperis Whitf., 1860 ([1] табл. 28, фиг. 8); нижний карбон Подмосковного басс. Раковина гладкая. Поперечное сечение субтреугольное, сифон между центром и вентральной стороной, без пластинок. Соединительные кольца четковидные. Два-три вида. Верхний девон — нижний карбон Русской платформы.

Сем. ANTONOCERATIDAE SHIMANSKY, fam. nov.

Раковина почти прямая, уплощенная дорсо-вентрально, слабо расширяющаяся, с эллиптическим продольным сечением. Перегородочная линия с глубокими лопастями на широких вентральной и дорсальной сторонах. Сифон между центром и вентральной стороной, с четковидными соединительными кольцами. Нижний карбон. Включает один род.

1. Antonoceras Shimansky, gen. nov. Тип рода — A. balaschovi Shimansky, sp. nov.; нижний карбон Подмосковного басс. Диагноз рода совпадает с диагнозом семейства. Один или два вида. Нижний карбон Подмосковного басс.

Antonoceras balaschovi sp. nov. (рис. 1, см. на вклейке к стр. 528). Голотип — ПИН № 1192/1. Раковина слабо расширяющаяся к устью до середины жилой камеры. С середины жилой камеры нормальное расщире-

ние продолжается только в латеральном направлении, в дорсо-вентрал ном направлении происходит некоторое сужение раковины. Благодар этому вентральный профиль раковины изогнутый. Длина жилой камер превосходит высоту воздушной камеры более чем в двадцать раз. Высот воздушной камеры равняется $^1/_8$—$^1/_{10}$ диаметра раковины. Перегородоч ная линия с широкой и глубокой вентральной лопастью, ее стрела пр гиба почти равняется высоте воздушной камеры. Нижний карбон, але синский горизонт, окр. г. Михайлова.

Сем. POTERIOCERATIDAE FOORD, 1888

Раковина гладкая или продольноструйчатая, изогнутая в начально части и боченкообразно вздутая к жилой камере. Последняя у некоторы родов сужается к устью. Сифон расположен близко к центру, с отчетлив отогнутыми сифонными дудками и расширяющимися (обычно) сегментам Нижний карбон. Включает три рода.

1. Poterioceras McCoy, 1844. Тип рода — Orthoceras fusiforme Sowerby 1829; нижний карбон Ирландии. Раковина медленно расширяющаяс удлиненная, с круглым поперечным сечением и прямой перегородочной ли нией. Жилая камера отчетливо сужается к устью. Край последнего ровны без синуса воронки. Сифон незначительно смещен к вентральной сторон сифонные дудки отогнутые, соединительные кольца в сечении эллиптически Несколько видов. Нижний карбон СССР, Зап. Европы, Сев. Америки.

2. Calchasiceras Shimansky, gen. nov. Тип рода — Poterioceras ventri cosum McCoy, 1844; нижний карбон Ирландии (2, pl. 1, f. 2). Раковина быс ро расширяющаяся, почти чашевидная, со столь же резко сужающейс к устью жилой камерой. Поперечное сечение широкоовальное, перегородо ная линия прямая. Сифон слегка смещен из центра, с резко отогнутыми с фонными дудками и четковидными соединительными кольцами. Четыр пять видов. Нижний карбон СССР, Зап. Европы и Сев. Америки.

3. Welleroceras Miller et Furnish, 1938. Тип рода — W. liratum Miller Furnish, 1938; нижний карбон Сев. Америки. Раковина слабо согнутая, ра номерно расширяющаяся вплоть до устья, с круглым или овальным поп речным сечением. Устье без синуса воронки. Перегородочная линия пр мая. Сифон незначительно смещен от центра, сифонные дудки резко ото нутые, соединительные кольца почти сферические или овальные в сечени Три вида. Нижний карбон Сев. Америки.

4. Argoceras Shimansky, gen. nov. Тип рода — A. chinense Shimansk sp. nov.; нижний карбон Китая. Раковина слабо согнутая, с округлым п перечным сечением, равномерно расширяющаяся к устью. Последнее вогнутой стороне раковины имеет неглубокий, широкий синус. Перегородо ная линия слабо извилистая. Сифон расположен между центром и вогн той стороной, сифонные дудки несколько отогнуты, соединительные коль почти цилиндрические. Один вид. Нижний карбон Китая.

Argoceras chinense sp. nov. (рис. 2). Голотип — ПИН № 1196/1. Син цзян (Китай). Раковина среднего размера очень слабо согнутая, с широк овальным, почти круглым поперечным сечением. Высота воздушных кам равняется, примерно, $^1/_8$ бокового диаметра раковины. Перегородочн линия с небольшими лопастями на латеральных частях выпуклой сторон Скульптура из тонких, густорасположенных струек, образующих широк высокий выступ к устью на выпуклой стороне и небольшой синус на вогн той. Жилая камера очень большая, расширяющаяся к устью. Нижний ка бон Китая.

Палеонтологический институт
Академии наук СССР

Поступило
5 X 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] E. Eichwald, Lethea rossika ou Paleont. de la Russie, 1 (1860). [2] F. McCo Synopsis of Carbon Fossils of Ireland, 1844.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ГИСТОЛОГИЯ

М. Я. ЛЕВИНА

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СРЕДНЕЙ ОБОЛОЧКИ АОРТЫ КОРОВЫ В РАЗНЫХ ВОЗРАСТАХ

(Представлено академиком Н. Н. Аничковым 6 X 1956)

Из литературных источников известно, что строение средней оболочки рты коровы своеобразно. Так, по данным К. Г. Волковой (1), у взрослой ровы внутренняя часть t. media имеет вид, типичный для этой оболочки рты у других млекопитающих и человека. Однако кнаружи мышечные и астические элементы теряют правильное расположение и образуют чере-ющиеся пучки, лежащие довольно рыхло и имеющие спиральный ход. ежду ними в соединительной ткани находятся сосуды (vasa vasorum). виду того, что адвентиция в аорте коровы выражена слабо, некоторые торы называют наружную часть t. media конъюнктивой (2) или наружным локнистым слоем (3), между тем как Волкова более обоснованно считает частью средней оболочки.

В настоящей работе средняя оболочка аорты коровы была подвергнута лее детальному изучению. Материалом служил нисходящий отдел груд-й аорты четырех взрослых коров, семи телят разных возрастов и зародыша см длиной.

После фиксации ценкер-формолом целлоидиновые поперечные и продоль-ые срезы окрашивались резорцин-фуксином, по Маллори, гематоксилином йденгайна и серебрились по Мареш—Бильшовскому. Материал, фиксиро-нный спиртом с формалином, окрашивался тионином.

У 25-сантиметрового зародыша средняя оболочка аорты имеет почти оди-ковое строение по всей глубине. Ее эластическая структура хорошо вы-ляется резорцин-фуксином (рис. 1). В то же время тонкие эластические во-кна импрегнируются серебром до черноты, а более толстые эластические мбраны бесцветны и лишь окаймлены аргирофильными волоконцами. оллагеновых волокон в стенке аорты зародыша не содержится. Между эла-ическими мембранами находятся веретенообразные клетки. В наружной ловине t. media встречаются vasa vasorum.

У 19-дневного теленка средняя оболочка аорты достигает значительной лщины. Ее наружный отдел занимает более половины стенки сосуда и рфологически сильно отличается от внутреннего. Общее циркулярное сположение эластических и мышечных элементов здесь нарушается. Глад-мышечные клетки лежат пучками разного размера, кнаружи более мощ-ыми. Между ними расположены пучки эластических волокон (их уже льзя считать мембранами, так как они значительно короче, чем во внутрен-х отделах сосуда). Хорошо развиты vasa vasorum. В наружной части едней оболочки сосуда различаются два сорта клеток: 1) веретенообраз-ые клетки с овальными ядрами, лежащие поодиночке между толстыми астическими волокнами; около этих клеток, а возможно в периферических стях их цитоплазмы, содержатся очень тонкие аргирофильные волоконца; типичные гладкомышечные клетки, образующие пучки; они одеты чех-ками из аргирофильных фибрилл, эластические волокна и мембраны media по-прежнему окаймлены аргирофильными волокнами, более

грубыми, чем у зародыша. Помимо того, между мышечными пучками в наружных участках t. media местами появляются небольшие типичные пучки коллагеновых волокон.

У годовалых и двухгодовалых телят средняя оболочка аорты уже похожа на t. media взрослой коровы (рис. 2). Относительные размеры ее наружного отдела сильно увеличиваются, и он занимает не менее $^3/_4$—$^5/_6$ толщины всей стенки сосуда. Однако общий план расположения мышечных и эластических элементов этого отдела такой же, как у теленка 19 дней. Пучки толстых, параллельно расположенных эластических волокон лежат преимущественно циркулярно. Они по-прежнему окаймлены аргирофильными фибриллами. Прилежащие к ним клетки с интенсивно окрашивающимися ядрами содержат очень мало цитоплазмы. Между эластическими элементами находятся мощные пучки коллагеновых волокон, которых не было у 19-дневного теленка (рис. 3). Группы гладкомышечных клеток наружной зоны t. media имеют различные направления. Каждая клетка окутана чехликом густо расположенных аргирофильных фибрилл, которые образуют перемычки между соседними клетками. Между мышечными пучками находятся прослойки типичной рыхлой соединительной ткани, причем ее коллагеновые волокна не заходят внутрь пучков мышц. Там встречаются лишь тонкие эластические волоконца.

Из сопоставления изучаемых стадий развития видно, что толщина аорты с возрастом увеличивается главным образом за счет наружной части t. media. У зародыша коровы клеточные элементы t. media аорты неотличимы друг от друга. В старших возрастах в наружных отделах средней оболочки клетки дифференцируются на гладкомышечные и соединительнотканные — типа фиброцитов. Вследствие усиленного размножения молодых мышечных клеток из одиночных клеток образуются довольно большие мышечные пучки. У зародыша и 19-дневного теленка наблюдаются митозы мышечных клеток; в периферических участках t. media их больше, чем во внутренних. У телят годовалых и старшего возраста делящиеся клетки не были обнаружены.

Аргирофильные волокна вокруг гладкомышечных клеток и эластических волокон наружных отделов t. media сохраняются и у взрослого животного. Это же отмечает В. А. Сибирькова для t. media артерий человека (4). Что касается коллагеновых пучков, то они отсутствуют у зародыша и начинают появляться у 19-дневного теленка. При этом фибробласты, лежащие между эластическими волокнами, дифференцируясь, теряют почти всю цитоплазму, а окружающие их тонкие преколлагеновые волоконца превращаются в коллагеновые пучки, сильно увеличивающиеся с возрастом. Следовательно, здесь имеет место процесс образования основного вещества, сначала по мезенхимному, а затем по десмальному типу Ясвоина. Данных относительно образования эластических структур на нашем материале получить не удалось.

Из свободных клеточных элементов в средней оболочке аорты коровы изредка встречаются гистиоциты и постоянно содержатся тучные клетки. С возрастом последних становится гораздо больше, чем у зародыша и молодых животных, и количество зерен в них увеличивается. У взрослой коровы и старших телят отдельные зернышки трудно различить. Наибольшее количество тучных клеток всегда находится в наружном отделе t. media, особенно вокруг vasa vasorum.

При окраске препаратов тионином в аорте коров и телят всех возрастов выявляется хромотропное студенистое вещество. Количество его с возрастом животного несколько увеличивается, но эта закономерность выявляется не четко. В то же время во всех исследованных случаях гораздо больше хромотропного вещества содержится в местах отхождения от аорты более мелких артерий. На это обстоятельство имеются указания и в литературе (4). Наши наблюдения о локализации хромотропного вещества также совпадают с имеющимися литературными данными ((1, 4) и др.). Наибольшее

Рис. 1

Рис. 2

Рис. 1. Аорта зародыша коровы 25 см. Слева наружная оболочка, справа наружная часть средней оболочки. Ценкер-формол. Резорцин-фуксин 280×

Рис. 2. Аорта двухлетнего теленка. Наружная часть средней оболочки. Пучки толстых эластических волокон (темные) и мышечные пучки (светлые) с прослойками тонких эластических волоконец. Ценкер-формол. Резорцин-фуксин. 40×

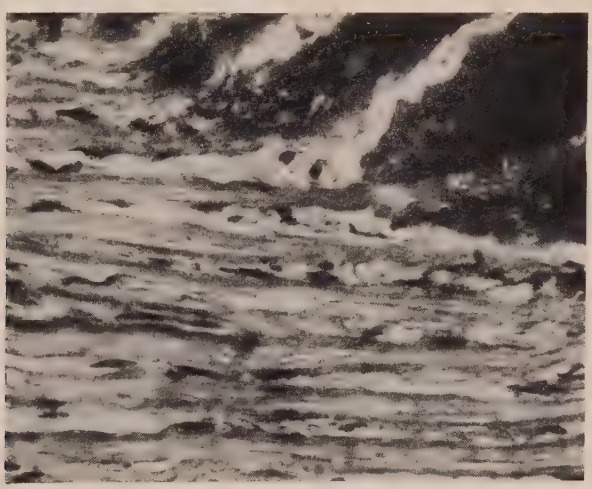


Рис. 3

Рис. 3. Аорта годовалого теленка. Наружная часть средней оболочки. Сверху темные пучки мышц. Внизу серые эластические волокна. Между ними в соединительной ткани фиброциты. Ценкер-формол. Железный гематоксилин. 290×

го скопление наблюдается в наружных отделах интимы и в прилегающей к ней области средней оболочки аорты, а кнаружи количество этого вещества постоянно уменьшается. Содержится хромотропное вещество в соединительнотканных прослойках между мышечными клетками, возможно пропитывая находящиеся там структуры — коллагеновые и аргирофильные волокна. Кроме того, сама цитоплазма гладкомышечных клеток средней оболочки также часто окрашивается метахроматично. Иногда в околоядерном участке цитоплазмы этих клеток наблюдается метахроматическая зернистость.

На препаратах, окрашенных железным гематоксилином, при соответствующей дифференцировке обращает на себя внимание, что многие гладкомышечные клетки наружных участков t. media покрыты мелкими, интенсивно красящимися гематоксилином гранулами, которые часто сидят на ножках и имеют круглую или грушевидную форму. Иногда гранулы находятся у основании более крупных светлых пузырьков, покрывающих поверхность клетки. Некоторые гладкомышечные клетки буквально со всех сторон усажены такими гранулами и пузырьками. В окружающих мышцы прослойках соединительной ткани обнаруживается масса беспорядочно расположенных пузырей разного размера со светлым или окрашенным гематоксилином в серый (а по Маллори — в розовый цвет) содержимым. Часто можно видеть деформированные и распавшиеся пузыри. При окраске шарлаховым красным все перечисленные структуры остаются бесцветными. У зародыша коровы процесс образования пузырей почти отсутствует. У 19-дневного теленка можно видеть лишь очень мелкие пузырьки, и то в небольшом количестве. Максимума развития этот процесс достигает у двухлетних телят. У них он происходит даже интенсивнее, чем у взрослой коровы *.

Выделение гладкомышечными клетками гранул и пузырей чрезвычайно напоминает подобный процесс, изученный нами в стенке пупочных сосудов ([5]), только там он выступает еще более отчетливо. Следовательно, способность гладкомышечных клеток к секреции не является специфичной для пупочных сосудов зародыша человека, а распространяется и на другие сосуды (аорта) других млекопитающих (корова), т. е. является более общим свойством, чем считалось вначале.

Можно предположить, что вещество, выделяемое гладкомышечными клетками, играет механическую роль.

Ленинградский педиатрический
медицинский институт

Поступило
4 X 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] К. Г. Волкова, Virch. Arch., 252 (1924) [2] А. В. Немилов, Гистология эмбриология домашних животных, 1934. [3] Т. Делль, Диссертация, Л., 1951. В. А. Сибирькова, Диссертация, Сталино, 1954. [5] М. Я. Левина, ДАН, 86, № 4 (1952).

* Наши поиски подобного процесса в аорте, сонной и венечной артериях у ряда других млекопитающих (кошка, собака, человек) разных возрастов не увенчались успехом возможно потому, что t. media этих сосудов состоит из чрезвычайно плотно расположенных элементов, что затрудняет исследование.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ГИСТОЛОГИЯ

А. Ф. НИКИФОРОВ

О РЕАКЦИИ НЕЙРОНОВ ВЕРХНЕГО ШЕЙНОГО УЗЛА НА ПЕРЕРЕЗКУ СИМПАТИЧЕСКОГО НЕРВА НА ШЕЕ

(Представлено академиком Н. Н. Аничковым 26 X 1956)

В настоящее время становится невозможным изучение реакции нейронов изолированно, вне их нервных связей как друг с другом, так и с иннервируемым субстратом. Необходимо помнить, что нейронов, не вовлеченных структурно и функционально в рефлекторные дуги, не существует (1).

Работами ряда исследователей (4–7) показано, что выключение нейрона из рефлекторных связей путем перерезки нервных волокон, подводящих к нему нервные импульсы, ведет к характерным изменениям в его структуре Эти изменения заключаются в постепенном, идущем от периферии к центру нервной клетки, растворении хроматофильного вещества и в прогрессирующем уменьшении размеров самого нейрона. Этот феномен в настоящее время известен под термином «транснейрональная дегенерация».

Несмотря на то, что число работ, демонстрирующих явления транснейрональной дегенерации в различных отделах нервной системы, представляется уже значительным, сам феномен транснейрональной дегенерации не нашел еще достаточной оценки и не используется не только в физиологии и клинике, но даже в самой морфологии. Между тем, правильное его применение могло бы способствовать пониманию возникновения многих патологических состояний.

В настоящей работе была сделана попытка изучения феномена транснейрональной дегенерации на примере симпатических нейронов вегетативной нервной системы.

Мы исследовали верхний шейный симпатический узел взрослых кошек (26 животных) как в норме, так и при перерезке симпатического ствола каудальнее этого ганглия. При выборе объекта исследования и типа операции, мы исходили из общепринятого положения, что нейроны верхнего шейного симпатического узла получают преганглионарные волокна, идущие в составе симпатического ствола, лежащего ниже этого ганглия. Парафиновые срезы (после фиксации материала в жидкости Ценкера) окрашивались толуидиновым синим по Нисслю и гематоксилин-эозином.

При перерезке шейного симпатического ствола ниже верхнего шейного узла большая часть нейронов этого ганглия остается неизмененной. Другая, меньшая часть нейронов реагирует на эту операцию изменением клеточных структур. При внимательном разборе этих изменений реагирующие нейроны можно разбить на две совершенно различные по характеру реакции группы.

Небольшое число нервных клеток, рассеянных по всей строме узла, реагируют явлениями типичной ретроградной дегенерации (рис. 1). Это, очевидно, те нейроны, нейриты которых идут по шейному симпатическому стволу в каудальном направлении для иннервации гладких мышц шеи и органов грудной полости (2).

Реакция другой группы нейронов резко отличается от той, которая известна как ретроградная дегенерация. Начальные признаки изменений у этих

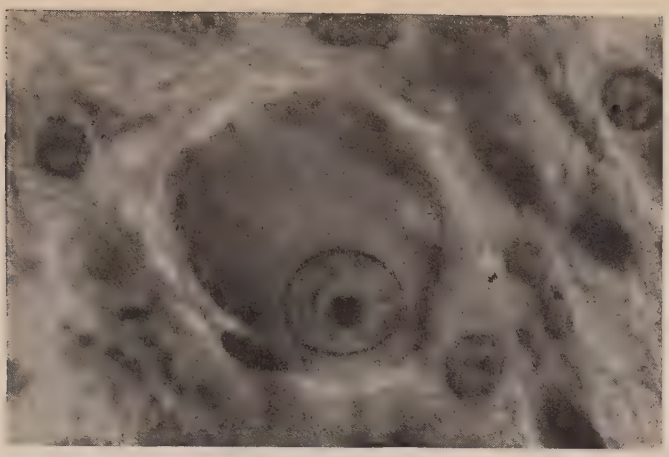
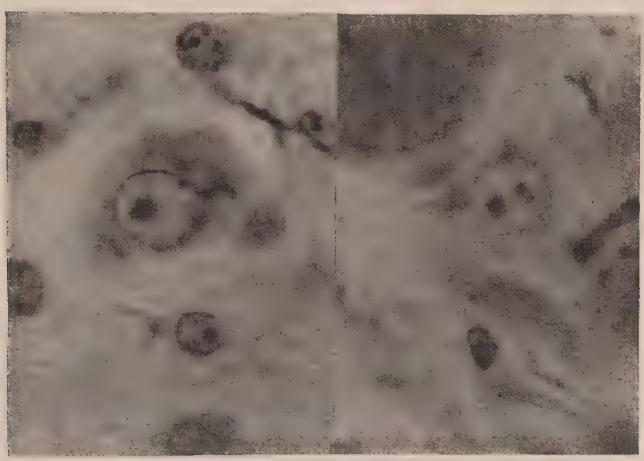


Рис. 1 Явления ретроградной дегенерации в нервной клетке верхнего шейного симпатического узла. 30 суток после перерезки симпатического нерва ниже этого узла. Микрофотография. Об. 100× имм., ок. 10



а *б*

Рис. 2. Явления транснейрональной дегенерации в нервной клетке верхнего симпатического узла.30 суток после перерезки симпатического нерва ниже этого узла. Микрофотография. Об. 100 × имм., ок. 10

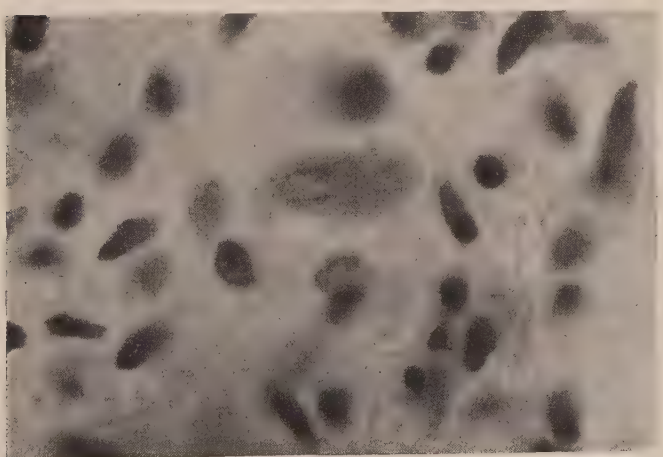


Рис. 3. Явления транснейрональной дегенерации в нервной клетке верхнего шейного симпатического узла. 63 суток после перерезки симпатического нерва ниже этого узла. Микрофотография. Об. 100 ×, им., ок. 10

йронов обычно обнаруживаются на 2—4 сутки после операции. Они заочаются в постепенном, равномерном растворении глыбок Ниссля на риферии клеточных тел и в медленном уменьшении размеров самих нейнов. С увеличением послеоперационного срока эти изменения прогрессруют, и через 30 суток после операции можно видеть вместо обычных йронов мелкие клетки, протоплазма которых содержит очень мало хромафильного вещества (рис. 2, *а*) или совсем его не содержит (рис. 2, *б*). В дальйшем такие уменьшенные в своих размерах нервные клетки начинают теться среди ядер клеток глии (рис. 3).

Необходимо подчеркнуть неодинаковую реакцию клеток глии в отношеи изменяющихся нейронов. Если по отношению к нейронам, которые надятся в состоянии ретроградной дегенерации, клетки-сателлиты отвечают олиферацией и даже нейронофагией, то на лежащие рядом нейроны, подгающиеся атрофии, сателлиты не дают заметной реакции.

Наблюдаемая нами реакция нейронов верхнего шейного симпатического ла на перерезку симпатического нерва на шее полностью совпадает, как о было уже нами ранее указано ([3]), с описанными ([4–6]) изменениями нейнов, наступающими при транснейрональной дегенерации в центральной рвной системе. Это позволяет нам прийти к следующим выводам.

1. При перерезке симпатического нерва на шее в нейронах верхнего йного симпатического узла отмечается 2 типа реакции (ретроградная и анснейрональная дегенерация).

2. Изменения нейронов по типу атрофии (транснейрональная дегенерая) являются результатом перерезки преганглионарных волокон, несущих импульсы из каудальных отделов центральной нервной системы (бовые рога спинного мозга).

3. Изменения, наступающие при транснейрональной дегенерации нейров верхнего шейного симпатического узла, аналогичны изменениям, наупающим при траснейрональной дегенерации в нейронах центральной нервй системы.

4. Большое число неизмененных нервных клеток верхнего шейного узла сле перерезки симпатического ствола на шее заставляет предполагать личие, кроме спинного мозга, и других источников происхождения пренглионарных волокон для нейронов этого узла.

Второй московский государственный
медицинский институт
им. И. В. Сталина

Поступило
27 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Т. А. Григорьева, Иннервация кровеносных сосудов, М., 1954. [2] Б. И. аврентьев, Zs. f. mikr. anat. Forsch., **35**, 1, 7 (1934). [3] А. Ф. Никифов, Реакция чувствительного и двигательного нейронов при нарушении их связей, ссертация, М., 1955. [4] W. Clark. Brit. J. ophtal., **16**, 264 (1932); J. anat., **75**, 225 41). [5] W. Cook, J. Walker, M. Barr, J. physiol., **120**, 579 (1953). [6] G. Manesco, Théorie des neurones, Presse médicale, Paris, 1895; Neurol. Zbl., **15**, 841 (1896). M. Minkowski, Schweiz. Arch. f. Neur. u. Psych., **6**, 201 (1920).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ЭКОЛОГИЯ

Е. Н. ПОЛИВАНОВА

ПРИЧИНЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЧИСЛЕННОСТЬ ХЛЕБНЫХ КЛОПОВ (СЕМ. PENTATOMIDAE) В ЮЖНЫХ ЗЕРНОВЫХ РАЙОНАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СОЮЗА

(Представлено академиком И. И. Шмальгаузеном 2 X 1956)

В южных зерновых районах Европейской части СССР комплекс хлебных клопов семейства Pentatomidae, в той или иной мере связанных с зерновыми, довольно велик. Наряду с таким массовым видом, как вредная черепашка Eurygaster integriceps Put., имеется ряд гораздо реже встречающихся видов — Dolycoris baccarum L., Aelia rostrata Boh., A. acuminata L., Carpocoris pudicus Poda, C. fuscispinus Boh. и др.

Сравнительное изучение пентатомид показало, что массовый вид — вредная черепашка — по своему распространению, биологии, экологии и морфо-функциональной специфике ([1–3]) занимает среди пентатомид совершенно особое место.

Жизненный цикл вредной черепашки, выходца из Передней Азии ([4]), сходен с таковым пустынных животных (сжатые сроки яйцекладки, быстрые темпы развития, короткий период активной жизни и летняя диапауза). В таких условиях выработалась специфическая полезная способность вида — запасать белки и углеводы в средней кишке ([1–5]), что обеспечивает черепашке ранние и сжатые сроки яйцекладки.

Продвижение Eurygaster integriceps из Азии в Европу и широкое ее там распространение не вызвали, однако, серьезной перестройки ни жизненного цикла, ни морфо-функциональной специфики вида. Такая устойчивость жизненного цикла черепашки в значительной мере объясняется тем, что, будучи мезофилом, она нашла в посевах пшеницы не только кормовую базу, но и подходящие биотопы. Ритмика фенологии черепашки, совпадающая с фенологическими сроками развития пшеницы ([6]), позволила ей развиваться за счет одного кормового растения — озимой пшеницы, которая является преобладающей культурой южных зерновых районов.

Кроме того, ранние сроки яйцекладки и быстрота созревания способствуют тому, что большая часть яиц, отложенных в начале периода яйцекладки, оказывается незараженной яйцеедами (Telenomus spp.), поскольку с зимовки выходит небольшое число их ([7]) и лишь в течение сезона количество теленомусов и, следовательно, зараженность яиц клопов увеличивается (см. табл. 1). Это особенно важно, так как обычно условия для развития и накопления пищевых и жировых резервов наиболее благоприятны именно для клопов, вышедших из ранних яйцекладок.

Наконец, уход черепашки в летнюю диапаузу в районах, где распаханные земли почти сплошь заняты необозримыми полями пшеницы, имеет огромный биологический смысл, поскольку при уборке зерновых не только катастрофически сужается кормовая база, но и уничтожаются благоприятные местообитания. Таким образом, биологическая специфика черепашки оказалась в полном соответствии со своеобразными условиями жизни в культурном ландшафте южных зерновых районов, что и дает ей возможность быть массовым видом.

Другие виды пентатомид, которые относятся к подсемейству Pentatomi-ie (Dolycoris baccarum, Carpocoris pudicus, C. fuscispinus, Aelia rostrata, . acuminata), имеют более низкую численность, хотя в той или иной мере ргут быть связаны с зерновыми культурами.

Подавляющее большинство этих видов широко распространены в Палеар-гике. Судя по особенностям их жизненного цикла и характеру распростра-ения, они имеют Западно-Средиземноморское происхождение.

Таблица 1

раженность (в %) яиц пентатомид теленомусами. Ворошиловградская обл. 1955 г.

Месяцы и декады	Май			Июнь			Июль			Август	
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
rygaster integri-ceps	—	—	8	48,8	64,7	82,1	88,3	—	—	—	—
olycoris bacca-rum	—	—	6,8	24,2	39,8	58,3	61,3	80,1	83,2	89,5	—
arpocoris fuscis-pinus	—	—	8,3	37,0	41,5	60,2	69,8	75	85,7	87	—
elia	—	—	—	33,7	38,8	47,3	66,1	74,8	76,7	83,9	—

Таким образом, в отличие от черепашки, эти пентатомиды сформировались в условиях местностей с продолжительным вегетационным периодом, а протяжении которого сохраняется достаточно высокая температура и лажность. В этих условиях у них выработался совершенно иной, чем у черепашки, жизненный цикл — продолжительный период активной жизни, азвитие двух поколений в течение года и отсутствие летней диапаузы.

При столь длительном периоде активной жизни (в Краснодарском крае, апример, более шести месяцев) необходима на все его время соответствующая кормовая база. Если в первой половине лета за счет зерновых культур, ормовых бобовых и злаковых трав, а также разнообразных сорных растений Pentatominae обеспечены обильной пищей, то во второй половине лета, связи с созреванием и последующей уборкой этих культур (вместе с которыми уничтожается и основная масса сорняков), кормовая база, а вместе ней и благоприятные биотопы, резко сужаются. В отличие от черепашки, оторая в период уборки хлебов улетает с полей и впадает в летнюю диапаузу, у этих клопов еще наблюдается развитие личинок всех возрастов и молодых особей первой генерации, а также яйцекладка перезимовавших клопов. Яйцекладка же клопов первого поколения и развитие личинок второго околения, а также подготовка клопов второго поколения к зимовке происходят уже после уборки зерновых. В течение второй половины лета эти ентатомиды вынуждены держаться в неблагоприятных биотопах на одиночных сорных и дикорастущих растениях, которые в условиях сплошной аспашки и высокого уровня агротехники малочисленны.

Следовательно, виды пентатомид с такого рода жизненным циклом в течение большей части своей жизни находятся в рассматриваемых районах неблагоприятных кормовых и биотопических условиях, что несомненно казывается на их численности. Кроме того, как показали наблюдения, при кашивании культур и перепашке полей гибель клопов, а особенно их ичинок и яиц, весьма велика.

Неблагоприятно сказываются на численности также и растянутые сроки йцекладки, приводящие к растянутости сроков развития I (с мая до конца юля) и II (с конца июля до конца сентября, начала октября) генераций.

Вследствие этого некоторые клопы окрыляются столь поздно, что не успевают подготовиться к зимовке, а это приводит к их гибели на местах зимовок или же способствует снижению плодовитости в следующем году. Следствием растянутости сроков яйцекладки как перезимовавших клопов, так и клопов первой генерации и вообще крайне длительного периода активной жизни, является характер их биоценотических взаимоотношений, оказывающих огромное влияние на снижение их численности.

В связи с более медленными темпами созревания яиц, более поздними и растянутыми сроками яйцекладки перезимовавших клопов, яйца этих видов заражаются больше, чем яйца Eurygaster integriceps (см. табл. 1). Это еще усугубляется тем, что во второй половине лета, когда происходит размножение клопов первой генерации и развитие второй, значительно увеличивается численность разнообразнейших паразитов и хищников. Но особенно увеличивается количество паразитов — теленомусов, успевающих в первой половине лета размножиться (дать до четырех поколений) (7) на яйцах, отложенных Eurygaster integriceps и другими перезимовавшими пентатомидами.

Размножившиеся паразиты заражают яйца, отложенные клопами первой генерации, так что зараженность яиц в этот период достигает 89%. По имеющимся данным, для яиц Dolycoris baccarum зараженность в это время достигает 100% (7). Наряду с этим увеличивается количество хищных личинок Chrysopa, нападающих на личинок клопов первого возраста. Нарастает зараженность личинок старших возрастов и взрослых клопов внутриполостными паразитами — мухами фазиями, веерокрылыми и мерметидами (данные (в %) для Ворошиловградской обл., 1955 г.):

	Май	Июнь	Июль	Август
I декада	—	10	25	52,5
II „	—	16,6	26	—
III „	22,2	19,1	37,9	—

Деятельность паразитов и хищников приводит к значительному снижению численности клопов во второй половине лета. Снижению численности в это время способствуют также и исчезновение благоприятных биотопов, сужение кормовой базы и неблагоприятный характер биоценотических взаимоотношений. Черепашка же в это время, лежа в подстилке лесов, куда она улетает, фактически уходит от естественных врагов (если не считать некоторых хищных насекомых в подстилке).

Таким образом, различия в происхождении черепашки, с одной стороны, и видов подсемейства Pentatominae — с другой, определили неодинаковый характер их жизненного цикла и морфо-функциональной специфики, что в условиях крупного зернового хозяйства обусловило неодинаковую обеспеченность их пищей и привело к неодинаковым биоценотическим взаимоотношениям. Все это в конечном счете привело к тому, что черепашка в этих районах оказалась массовым видом, а ряд представителей Pentatominae, имеющих близкие к черепашке трофические связи и при благоприятном кормовом режиме почти такую же плодовитость, имеют относительно невысокую численность.

Значительные колебания в численности в различные годы у черепашки при относительной постоянности численности у других рассматриваемых видов пентатомид можно, вероятно, объяснить тем, что основная масса черепашки развивается в почти однородных биотопических условиях, при однородном кормовом режиме и в довольно сжатые сроки *. Вследствие этого большинство особей данной популяции имеют довольно однородное морфо-функциональное состояние. В связи с этим создающиеся в некоторые годы

* Сжатость сроков в значительной мере обусловлена уничтожением последних кладок яйцепаразитами.

ущественно неблагоприятные условия среды (неблагоприятная температу-
а, влажность, неблагоприятные кормовые условия, вследствие отставания
енологии черепашки от фенологии пшеницы), которые, как правило, воз-
икают на довольно значительной территории, сходно отражаются на со-
тоянии и численности большей части популяции. В результате наблюдается
той или иной мере резкое снижение численности черепашки на большей
ли меньшей части территории. В то же время Pentatominae, развивающие-
я в разнообразных биотопических условиях при разном кормовом режиме
неодинаковой смене кормовых растений, имеют растянутые сроки яйце-
ладки, очень пестрый возрастной состав и прослеживающуюся в течение
сей жизни неоднородность в состоянии внутренних органов.

В связи с этим неблагоприятные воздействия среды (температура, влаж-
ость) по-разному сказываются как на различных кормовых растениях и
икроклиматическом режиме отдельных биотопов, так и на самих клопах,
аходящихся на разных стадиях развития и имеющих неодинаковое морфо-
ункциональное состояние. Это несомненно способствует значительному
глаживанию колебаний их численности. Таким образом, эвритопность,
олифагия и неоднородность возрастного состава клопов подсемейства Pen-
atominae в значительной мере обеспечивают устойчивость их численности.

Институт морфологии животных им. А. Н. Северцова
Академии наук СССР

Поступило
2 X 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

Д. М. Федотов, ДАН, 52, № 9 (1944). [2] Д. М. Федотов, Сборн. Вредная
ерепашка, 1, 1947. [3] Д. М. Федотов, Сборн. Вредная черепашка, 3, 1955.
К. В. Арнольди, Сборн. Вредная черепашка, 1, 1947. [5] Р. С. Ушатинская,
борн. Вредная черепашка, 3, 1955. [6] К. И. Ларченко, Агробиология, № 5 (1947).
К. В. Каменкова, Автореферат кандидатской диссертации, Л., 1955.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ЭКОЛОГИЯ

В. В. ХЛЕБОВИЧ

НАБЛЮДЕНИЯ НАД МОРОЗОСТОЙКОСТЬЮ МНОГОЩЕТИНКОВЫХ ЧЕРВЕЙ КУРИЛЬСКОЙ ГРЯДЫ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 5 X 1956)

Из ряда абиотических факторов, отрицательно влияющих на жизнь животных приливно-осушной зоны бореальной и арктической областей, фактор воздействия отрицательной температуры и замораживания (вмерзания в лед) исследовался экспериментально немногими авторами, и только в самое последнее время ([1–6],[10]). Работами этих авторов отмечается большая выносливость ряда литоральных животных к отрицательным температурам. Ю. И. Полянский ([1–5]) показал изменение морозостойкости видов в зависимости от сезона года, стадий развития, биотопа и характера поведения в нем животного. Экспериментальным исследованиям такого рода подверглись лишь некоторые представители населения литорали Восточного Мурмана и атлантического побережья Америки в районе Вудс Хол ([10]). Поэтому определенный интерес представляют экспериментальные данные по морозостойкости литоральных животных других районов.

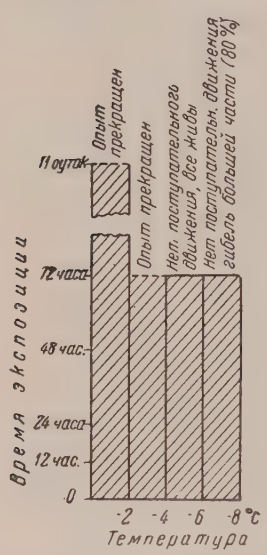


Рис. 1 Восстановление нормальных двигательных реакций у Eteone longa после воздействия низких температур

Летом 1955 г. (июль — август) на острове Парамушир (Северные Курилы) нами были поставлены опыты по замораживанию двух видов многощетинковых червей: Eteone longa (Fabricius) и Arenicola claparedii Levinsen. Оба вида образуют значительные скопления на илистых и илисто-песчаных грунтах литорали, встречаясь иногда совместно.

В работе применялась методика Полянского ([1–4]) с небольшими изменениями. В опыт шло по 5—8 экз. каждого вида. Критерием жизнеспособности для Eteone longa служило восстановление нормальных двигательных реакций после оттаивания, для Arenicola cloparedii — реакция на укол иглой.

Результаты опытов по замораживанию Eteone longa показаны на рис. 1.

В наших опытах Eteone longa восстанавливали нормальные двигательные реакции после замораживания в течение минимум трех суток при температуре от —2 до —4°. При замораживании на тот же срок при температуре от —4 до —6° и от —6 до —8° и последующем оттаивании у червей отслаивалась кутикула, из-за чего они становились матовыми. Однако двигательная реакция, хоть и ненормальная, наблюдалась.

Arenicola claparedii брались с двух площадок. На площадке I Arenicola обитали в обычных литоральных условиях периодической осушки. Площадка II представляла собой защищенную молом от волнения и ветра большую

нну, откуда черви брались с участка, на котором даже при сизигийных от-
вах оставался слой воды 25—40 см. Результаты опыта показаны на рис. 2.
Arenicola claparedii способны оживать после замораживания в течение
час. при температуре от —2 до —4°, после 6 час. при температуре от —4
—6° и после 2 час. при температуре от —6 до —8°. При более низкой тем-
ратуре и более длительной экспозиции отмечается гибель животных, ча-
о сопровождаемая разрывом кровеносных сосудов на спинной стороне
области желудка. Большую стойкость проявляют животные со II площадки,
унт которой — в силу изолированности площадки от моря — зимой,
-видимому, в большей степени промерзает, чем на открытом побережье.
Оба вида при содержании в течение
суток при отрицательной темпера-
ре выше точки замерзания морской
ды (от —0,5 до —2°) имели нормаль-
ю двигательную реакцию.
При более низких температурах
г —2 до —8°) животные становились
упкими из-за образования в тканях
да. Канвишер ([10]) в теле замерз-
их при 15° морских литоральных
ллюсков наблюдал 54—67% льда.
з приводимого им графика видно,
о при —8° Modiolus modiolus и Myti-
s edulis имеют в теле более 40% твер-
й воды. Этим же автором эксперимен-
нтально показано, что при замерза-
и даже таких сравнительно крупных
ъектов, как Modiolus modiolus, тем-
ратура внутри их тела всего на не-
олько десятых градуса выше темпе-
туры среды. Известно, что образо-

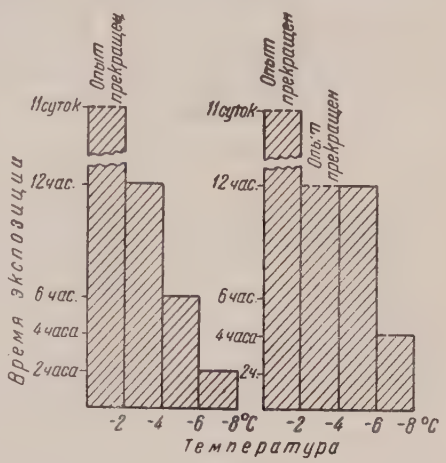


Рис. 2. Восстановление реакции на укол иглой у Arenicola claparedii после воздействия низких температур

ние кристаллического льда внутри клеток всегда губительно, но внеклеточное образование льда легко переносится ([8], [9]). Мериман ([12]) показал, что при замораживании печени кролика клетки активно выделяли жидкость в межклеточное пространство, где она и замерзала, что предохраняло их от внутриклеточного образования льда; при оттаивании льда клетки снова вбирали в себя жидкость. Таким образом, при вмерзании в лед животные должны страдать от сильной дегидратации и, как следствие ее, от высокой концентрации солей в клетках. Последняя является основной причиной гибели при замерзании красных кровяных шариков человека ([11]).

У литоральных животных, морозоустойчивость которых значительно выше, чем сублиторальных ([2]), по-видимому, хорошо развит механизм дегидратации клеток и механизм, препятствующий вредному влиянию солевой концентрации в них. Именно этим механизмом, выработанным под влиянием специфических условий жизни на литорали, можно объяснить широкую адаптацию к низким температурам животных этой зоны.

Касаясь экологической стороны обсуждаемого вопроса, следует отметить, что морозостойкость Eteone longa и Arenicola claparedii полностью согласуется с суровостью температурных условий на литорали Северных Курил, имеющих в этом отношении много общего с побережьем Восточного Мурмана. На Северных Курилах с ноября-декабря по март-апрель держатся отрицательные температуры воздуха при абсолютном минимуме 26° (среднегодовая температура —1,5°) ([7]).

Оба исследованных вида, активно подвижных, быстро зарывающихся в грунт, должны относиться, согласно Полянскому ([4]) к той экологической группировке животных литорали, которые характеризуются меньшей морозостойкостью, чем животные неподвижные и малоподвижные, остающиеся на незащищенном грунте. Если учесть, что мы имели дело с летним материа-

лом ([3]) и что черви находились в периоде размножения, то необходимо будет признать их естественную зимнюю морозостойкость значительно большей, чем наблюдавшаяся в опыте. Разница в морозостойкости Eteone longa и Arenicola claparedii находит объяснение в различиях их биологии Eteone longa не уходят в грунт глубже, чем на 5 см, и часто выползают на поверхность. Arenicola claparedii зарываются на 15—20 см в утепляющий их грунт, на поверхность не выползают и повергаются поэтому в природных условиях в меньшей степени воздействию низких температур. Животные, обитающие в грунте на разной глубине и подвергающиеся в силу этого неодинаковому охлаждению оказываются в разной степени морозостойкими, демонстрируя тем самым пример глубокой адаптации.

Зоологический институт
Академии наук СССР

Поступило
20 IX 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Ю. И. Полянский, ДАН, **72**, № 6 (1950). [2] Ю. И. Полянский, ДАН, **73**, № 2 (1950). [3] Ю. И. Полянский, ДАН, **74**, № 5 (1951). [4] Ю. И. Полянский, Тр. Зоол. инст. АН СССР, **13** (1953). [5] Ю. И. Полянский, Тр. Мурманск. биол. ст. АН СССР, **2**, (1955). [6] П. В. Ушаков, Тр. Лен. общ. естествоиспыт., **54**, 1 (1925). [7] П. В. Ушаков, Природа, № 6 (1946). [8] E. Asahina, K. Aoki, J. Shinozaki, Bull. Entomol. Res., **45**, 2 (1954). [9] R. Chambers, H. P. Hale, Proc. Roy. Soc. London, Ser. B, **110** (1932). [10] J. W. Kanwisher, Biol. Bull., **109**, 2 (1955). [11] J. E. Lovelock, Biochim. et Biophis. Acta, **10** (1953). [12] H. T. Meryman, Lecture and Review, Naval Medical Research Inst., **53**, 3 (1953).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

МИКРОБИОЛОГИЯ

И. В. МАКСИМОВА

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТА НА НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ ПУРПУРНЫХ БАКТЕРИЙ

(Представлено академиком В. Н. Шапошниковым 4 X 1956)

Потребность пурпурных бактерий в количестве световой энергии изучена очень слабо. Взаимосвязь между энергией падающего света и характером способа питания у бактерий вообще не изучалась.

Настоящая работа посвящена изучению фотоавтотрофного и фотогетеротрофного развития пурпурных бактерий при разных интенсивностях света.

В качестве объекта исследования была взята пурпурная бактерия Rhodopseudomonas palustris, выделенная в чистую культуру и изученная Е. Н. Кондратьевой ([1]). Исследуемая бактерия развивается только при доступе света. При этом, как показано Кондратьевой, она может расти как фотоавтотрофно, за счет ассимиляции углерода углекислоты, так и фотогетеротрофно, используя для синтеза клеточного вещества углерод готовых органических соединений. Rh. palustris — факультативный анаэроб, при помещении в темноту он перестает размножаться даже при доступе кислорода воздуха.

Вся работа была проведена на среде Ван Ниля следующего состава: $(NH_4)_2SO_4$ 1 г, K_2HPO_4 0,5 г, NaCl 1 г, $MgSO_4$ 0,2 г, $NaHCO_3$ 5 г, вода водопроводная 1 л. К этой среде добавлялось 0,2% различных окисляемых веществ в виде органических или минеральных соединений. Культивирование производилось в анаэробных условиях с круглосуточным освещением при температуре 30°. Интенсивность света использовалась в интервале от $5 \cdot 10^3$ до $20 \cdot 10^3$ эрг/см^2·сек и измерялась с помощью термостолбика. Для выяснения вопроса о влиянии разных интенсивностей света на скорость фотоавтотрофного и фотогетеротрофного развития Rh. palustris определялся урожай клеток и потребление органических и неорганических веществ из среды в разных условиях освещенности. В качестве органических окисляемых веществ использовались уксусная, пропионовая, янтарная и фумаровая кислоты, а также сахара — глюкоза и мальтоза. Из неорганических веществ были взяты сероводород, гипосульфит и молекулярный водород.

Результаты исследования показали, что при посеве Rh. palustris на среды с органическими соединениями рост начинается почти одновременно при всех интенсивностях света, обнаруживая лишь небольшое отставание в скорости роста в случае очень низких интенсивностей света (рис. 1). При сравнительно небольшой величине освещенности наступает световое насыщение и наконец, при дальнейшем увеличении интенсивности света начинается «световое угнетение» фотосинтетической активности.

В то же время при использовании в качестве окисляемых веществ неорганических соединений быстрый рост наблюдается лишь при сравнительно высоких интенсивностях света (рис. 1). Световое насыщение сдвинуто в сторону значительно более высоких интенсивностей, а «световое угнетение» при фотоавтотрофной ассимиляции углекислоты при используемых интенсивностях света вообще не наблюдается. Сигмоидный характер световых кривых, значительно сглаженный при фотогетеротрофном способе

питания, в случае фотоавтотрофной ассимиляции углерода CO_2 очень резко выражен.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что синтез клеточного вещества за счет фотовосстановления углекислоты требует значительно

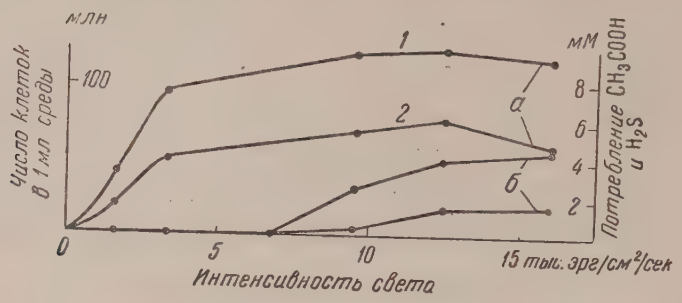


Рис. 1. *а*—урожай клеток Rh. palustris (1) и *1* потребление ими CH_3COOH (2) при разных интенсивностях света на среде с 0,2% CH_3COONa; *б*—урожай клеток Rh. palustris (нижняя кривая) и потребление ими H_2S (верхняя кривая) при разных интенсивностях света на среде с 0,2% $Na_2S \cdot 9H_2O$

большей затраты энергии, чем развитие в результате фотоассимиляции углерода готовых органических соединений. Следует отметить, что продолжительные опыты (1—3 месяца) показали, что развитие на среде с сероводородом при низких интенсивностях света все же наступает, но с большим запозданием.

Согласно наиболее распространенному в настоящее время мнению бактериальный фотосинтез, так же как фотосинтез зеленых растений, представ-

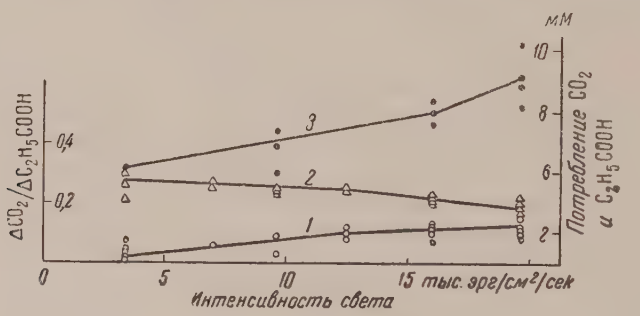


Рис. 2. Потребление CO_2 (*1*) и C_2H_5COOH (*2*) на $1 \cdot 10^{11}$ клеток и $\Delta CO_2/\Delta C_2H_5COOH$ (*3*) при разных интенсивностях света

ляет собой процесс восстановления углекислоты за счет водорода воды, на мобилизацию которого и тратится энергия света. Однако проведенное исследование показало, что при низких интенсивностях света развитие Rh. palustris происходит за счет использования органических веществ, и лишь при высоких интенсивностях света становится возможным фотовосстановление CO_2, сопровождающееся одновременным окислением находящихся в среде акцепторов образовавшихся при фотолизе воды OH-ионов. Таким образом, при низких интенсивностях света фотовосстановлению подвергается не углекислота, а органические вещества, на которые и переносится образовавшийся в результате фотолиза воды водород. В результате органические соединения перестраиваются в вещества тела, не требуя при этом такой энергии, которая необходима при построении клеточного вещества за счет ассимиля-

и углерода CO_2. И лишь при интенсивностях света выше $9 \cdot 10^3$ эрг/см^2 1 сек. становится возможной быстрая ассимиляция CO_2.

Таблица 1

Потребление CO_2 и CH_3COOH на единицу числа клеток и отношение $\Delta CO_2/\Delta CH_3COOH$ при развитии Rh. palustris в зависимости от интенсивности света

Интенсивность света (эрг/см²/сек·10³)	Потребление на $1 \cdot 10^{11}$ клеток (ммол.)		$\Delta CO_2/\Delta CH_3COOH$	Интенсивность света (эрг/см²/сек·10³)	Потребление на $1 \cdot 10^{11}$ клеток (ммол.)		$\Delta CO_2/\Delta CH_3COOH$
	CO_2*	CH_3COOH			CO_2*	CH_3COOH	
3,44	+1,57	—6,24	—0,25	12,52	+1,22	—6,09	—0,20
	+1,79	—7,11	—0,25		+1,21	—6,30	—0,19
	+1,63	—6,45	—0,25		+1,23	—6,15	—0,20
9,76	+1,42	—6,44	—0,22	16,10	—1,59	—5,21	+0,30
	+1,04	—4,94	—0,21		—2,20	—4,22	+0,52
	+1,98	—6,72	—0,29				
				19,69	—6,77	—3,36	+2,01
					—9,84	—4,30	+2,29

* Знак плюс означает увеличение углекислоты в среде, минус—потребление углекислоты и уксусной кислоты из культуральной среды.

Определение урожая клеток и потребления органических соединений при развитии Rh. palustris при разных интенсивностях света показало, что с увеличением освещенности количество использованных органических веществ на единицу урожая клеток сокращается. Это привело к предположению, что отношение ΔCO_2 к Δ органического вещества не является величиной постоянной, а зависит в частности от интенсивности падающего света.

Определялось отношение ΔCO_2 к Δ органического вещества при разных интенсивностях света. Полученные результаты пересчитывались на условную единицу числа клеток (в данном случае на $100 \cdot 10^9$ клеток). Результаты, полученные при культивировании Rh. palustris на среде с уксусной кислотой (табл. 1), свидетельствуют о том, что по мере увеличения интенсивности света наблюдается закономерное уменьшение в потреблении уксусной кислоты на единицу числа клеток. Изменение в использовании ацетата сопровождается соответствующим изменением в потреблении CO_2 из культуральной среды. Если при средних интенсивностях света развитие на среде с уксусной кислотой ведет к увеличению углекислоты в среде по мере потребления ацетата (0,2—0,3 моля CO_2 на моль использованной CH_3COOH), то при интенсивностях света, превышающих $12,5 \cdot 10^3$ эрг/см^2 в 1 сек.*, увеличения CO_2 в среде никогда не наблюдается, а наоборот,— происходит уменьшение углекислоты относительно ее первоначального содержания (0,021—0,5 молей CO_2 на моль потребленной при этой интенсивности света уксусной кислоты). Отношение количества потребленной углекислоты к количеству использованного ацетата постепенно увеличивается по мере возрастания интенсивности света. Это свидетельствует о том, что с повышением интенсивности света увеличивается роль углекислоты в построении клеточного вещества. Изучаемый микроорганизм как бы постепенно переключается с чисто фотогетеротрофного существования на смешанный автотроф-но-гетеротрофный обмен, причем степень автотрофности возрастает с увеличением интенсивности света.

* Обычно в этих условиях уже происходит постепенное снижение величины клеточного урожая.

Аналогичная закономерность была обнаружена при выращивании Rh. palustris на среде с пропионатом (рис. 2). Наблюдается четкое уменьшение в использовании пропионовой кислоты и увеличение в потреблении углекислоты при повышении интенсивности света. При увеличении интенсивности света с $3 \cdot 10^3$ до $20 \cdot 10^3$ эрг/см^2 в сек. $\Delta CO_2/\Delta C_2H_5COOH$ возрастает в 1,5—2 раза.

Таким образом, исследуемая пурпурная бактерия Rh. palustris может изменять способ обмена в зависимости от интенсивности света. При низких интенсивностях света на средах с органическими веществами она развивается в основном за счет фотоассимиляции каких-то частей органических молекул. Очевидно, в этих условиях лишь небольшая часть органических соединений подвергается окислению, выступая в роли донаторов водорода, или вернее — акцепторов OH-ионов, возникающих при фотолизе воды, в то время как большая часть непосредственно восстанавливается до клеточного вещества. Постепенное уменьшение степени участия органического вещества и увеличение роли углерода углекислоты в построении тела бактерий с повышением интенсивности света, свидетельствует о том, что при этом органические вещества начинают в основном функционировать как окисляемые соединения, а непосредственное использование их как «строительных кирпичей» в конструктивном обмене понижается. Это заставляет предположить, что высокие интенсивности света подавляют гетеротрофную ассимиляцию готовых органических соединений, и основное значение приобретает фотовосстановление CO_2. Подавление гетеротрофной ассимиляции при высоких интенсивностях света, возможно, связано с блокированием энзиматической системы, катализирующей гетеротрофное питание.

В заключение приношу глубокую благодарность И. Л. Работновой — научному руководителю темы.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
2 X 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Е. Н. Кондратьева, Фотоассимиляция углерода пурпурными бактериями и их развитие в связи с окислительно-восстановительным потенциалом среды, Кандидатская диссертация, М., 1953.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

В. Г. АЛЕКСАНДРОВ и А. В. ДОБРОТВОРСКАЯ

ОБ АНДРОЦЕЕ У ОМЕЛЫ (VISCUM album L.)

(Представлено академиком В. Н. Сукачевым 15 X 1956)

Цветок известного зеленого паразита из сем. Лорантовые, или Ремне етниковые (2),— омелы (растения двудомного) как по истории развития, к и по ряду признаков своей организации резко отличается от цветков омадного большинства растений. Все исследователи согласны в том, что ычных тычинок с пыльниками в андроцее омелы нет. Но одни, например , считают, что тычинка полностью приросла к внутренней стороне около- етника и видят следы такого срастания на поперечных срезах цветка.

Рис. 1

угие же (5) утверждают, что мужские цветки омелы не имеют индиви- ализированных тычинок. Существует четыре чашелистика (sepales), одуцирующих в паренхиме своей верхней стороны большое число пыльце- х мешков, из которых каждый открывается одним отверстием. Ван Тигем азывает на сходство таких несущих пыльцу чашелистиков с тычинками кадовых.

Все позднейшие исследователи, и в особенности авторы различных свод- х трудов по морфологии и систематике растений (например, Веттштейн) , по существу следуют толкованию андроцея омелы Веленовским (4).

Исследуя морфологию андроцея цветковых растений, нам пришлось учить с некоторой подробностью мужские цветки омелы в нескольких стояниях развития.

Омела была собрана в апреле как паразит липы в г. Мозырь Белорус- ой ССР. Как женские, так и мужские цветки объединены в плотные груп- (соцветия). На рис. 1 изображены три мужских цветка омелы. У основа- я каждого цветка видны следы тесного соприкасания их. Околоцветник остой, состоит из относительно мясистых листочков, расположенных в ин круг. Число листочков околоцветника в отдельных цветках колеблется 6 до 3. При основании они срослись. На внутренней стороне каждого

листочка развиваются многочисленные вместилища (гнезда), содержащие пыльцу. Произведенные продольные разрезы через листочки околоцветника не обнаружили каких-либо следов срастания ткани, содержащей гнезда с микроспорами, с тканью листочка околоцветника. Следовательно, мнение Ван Тигема об отсутствии в мужских цветках омелы индивидуализированных тычинок нашим исследованием подтверждается: при отсутствии специально организованных микроспорангиев — тычинок гнезда, содержащие микроспоры, формируются у омелы непосредственно в паренхиме листочков околоцветника. Примеров тому, что гнезда с микроспорами образуются в тканях листочков околоцветника, чашелистиков или лепестков, в при-

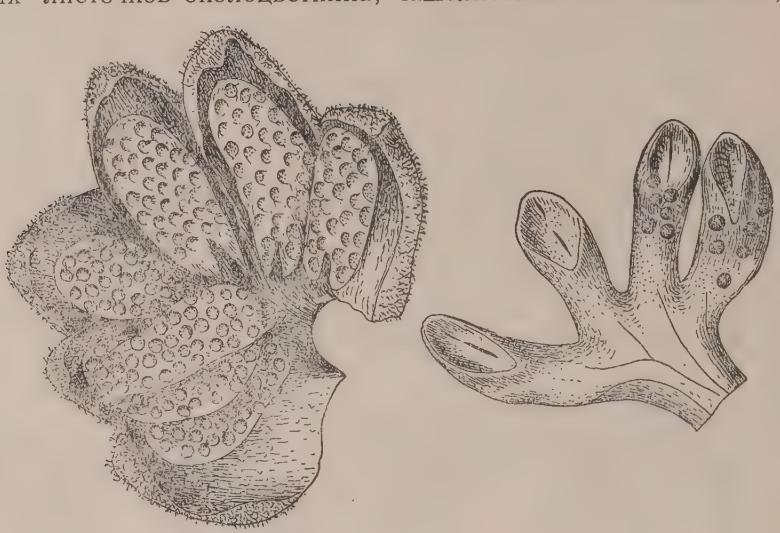


Рис. 2

роде существует не мало, хотя бы махровые цветки некоторых растений, например левкоя ([1]). По сообщению ([4]), Челяковский называет лепестки цветков Лютиковых, в тканях которых относительно часто встречаются гнезда с микроспорами, петалоидированными тычинками. Мы это явление могли наблюдать в листочках околоцветника воронца колосовидного (Actaea spicata L.).

Гнезда с микроспорами на внутренней стороне листочков околоцветника омелы расположены в определенном порядке. Если развернуть цветок и распластать лепесток, как показано на рис. 2 в распределении гнезд с микроспорами можно отметить наличие орто- и парастих. Обычно в связи с разрастанием листочков околоцветника эти линии распределения смещаются. Однако существование выраженной так или иначе правильности в распределении гнезд указывает на наличие какой-то закономерности в их возникновении.

Образование пыльцевых гнезд обусловливает возникновение бугорков, приподнимающихся на внутренней поверхности листочка околоцветника. Верхушки таких бугорков по созревании микроспор раскрываются трещиной, постепенно расширяющейся и принимающей округлые очертания по краям. Пример такого раскрывания пыльников с расширением щели до округлого очертания представлен на рис. 2, справа, изображающем часть интересного андроцея одного из видов истода (Polygala sp.), состоящую из 4 сросшихся своими основаниям тычинок. По существу, пыльцевые гнезда омелы раскрываются совершенно подобно раскрытию спорангиев у высших мхов и папоротникообразных и без участия в этом процессе широко распространенного в пыльниках цветковых растений фиброзного слоя. Однако клетки, по структуре своей сходные со структурой клеток фиброзного слоя, имеются по всей спороносной ткани омелы; но так как они не прини-

мают никакого участия в раскрывании верхушек пыльцевых гнезд, их следует отнести к разряду гидроцитов. Последние весьма распространены в тканях всех классов сосудистых растений, нередко образуя довольно значительные скопления и служат для хранения и проведения воды по растительному организму. Одна из разновидностей гидроцитов — элементы ксилемы сосудистых пучков.

На рис. 3, слева, изображено три гнезда с микроспорами. Микроспорогенез омелы изучен еще недостаточно. По Шнарфу ([3]) у омелы вообще не дифференцируется тапетального слоя, что является важным уклонением от общераспространенного типа организации пыльника и формирования пыльцы у цветковых растений.

Рис. 3

На рис. 3, справа, изображен частично развернутый мужской цветок омелы, отличный от нормального. Три листочка околоцветника сдвинуты из общего периферийного для цветка круга околоцветника внутрь. По-видимому, сдвиг произошел еще при начале развития цветка, когда листочки околоцветника находились в состоянии бугорковидных зачатков. В столь ранней стадии развития цветка достаточно бывает незначительных перемещений в зачатках, чтобы в дальнейшем развитии эти незначительные сдвиги выявились значительными смещениями, сильно отражающимися на дифференциации смещенных частей. Так как даже в состоянии ранних бутонов цветки омелы сильно скучены в отдельные группы и давят друг на друга, возникновение незначительных смещений зачатков околоцветника вполне понятно.

Перемещенные внутрь цветка зачатки листочков околоцветника развились в образования, в готовом виде несколько отличающиеся от нормальных листочков околоцветника и покрытые по всей своей поверхности (как с наружной, так и внутренней сторон) гнездами с микроспорами. В данном случае ни о каком прирастании пыльников к листочкам околоцветника не может быть и речи. Каждый такой листочек околоцветника сплошь превратился в спорангиефор, содержащий со всех сторон пыльцевые гнезда, как можно легко убедиться на поперечных разрезах.

Из этого интересного факта можно вывести ряд заключений относительно возникновения тычинки и ее морфологической сущности. Смещение зачатка листочка околоцветника перемещает его в другие физиологические условия развития. Смещение зачатка по направлению к центру цветка ставит его в условия, благоприятные для дифференциации микроспор в развивающемся из этого зачатка образовании, как это происходит с листочками околоцветника омелы. В мужских цветках омелы нет морфогенетических условий для дифференцирования микроспорангиефора в тычинку какого-либо из типов со спорангием (пыльником), но в цветках других растений, имеющих вполне оформленные тычинки, смещение зачатков околоцветника по направлению к центру цветка нередко весьма незначительное, проявляет-

ся в развитии из него или промежуточных форм (между листочками околоцветника и тычинкой), или вполне оформленной тычинки. Следовательно, никакого метаморфоза в этих случаях одних органов цветка в другие не происходит, осуществляется лишь перемещение зачатков органов из обычных условий развития в другие.

Так как микроспоры возникают и дифференцируются не только в пыльниках тычинок, но и в других частях цветка, и особенно легко в тканях листочков околоцветника (хотя и при некоторых особых условиях), то тычинки нет основания рассматривать как особо специальные органы, где осуществляется микроспорогенез. Способность к спорогенезу проявляется в различных частях цветка. Однако в процессе эволюции это свойство стало присуще преимущественно тычинкам, что сделало их органами специализированными, принявшими на себя функцию образования микроспор и передачи их на гинецей во время опыления.

Ботанический институт им. В. Л. Комарова
Академии наук СССР

Поступило
3 VIII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. Х. Тутаюк, ДАН, **35**, № 8 (1939). [2] Флора СССР, 5 (1936). [3] K. Schnarf, Embryologie der Angiospermen, Berlin, 1929. [4] J. Vellenovsky, Vergleichende Morphologie der Pflanzen, Prag, 1910. [5] Ph. van Tieghem, Ttraité de Botanique, Paris, 1891. [6] R. Wettstein, Handbuch der systematischen Botanik, Leipzig u. Wien, 1935.

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ФИЗИОЛОГИЯ

А. В. ЖИРМУНСКИЙ

ИЗМЕНЕНИЕ ПРИЖИЗНЕННОЙ ОКРАСКИ КОРЫ БОЛЬШОГО МОЗГА МЫШЕЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ НА НИХ СИЛЬНОГО ЗВУКА

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 8 X 1956)

Д. Н. Насонов и его сотрудники установили, что на действие сильного звука определенной частоты изолированные ткани отвечают паранекротическими изменениями, в частности повышением сродства к прижизненным красителям ([1–3]). Известно, что паранекротические изменения возникают в тканях параллельно развитию в них местного стойкого возбуждения (парабиоза) и что поэтому изменение прижизненной окраски тканей позволяет оценивать ее функциональное состояние (литературу см. у Ушакова ([4])).

Изменение функционального состояния центральной нервной системы при действии сильного звука на целое животное изучалось с помощью методики прижизненной окраски лишь в работе Романова ([5]), который получил достоверное повышение сорбции нейтрального красного ганглиями кролика, подвергавшегося предварительно воздействию взрывных звуков мощностью около 200 дб. Поэтому представлялось интересным попытаться при действии сильного звука на целых животных уловить сорбционные изменения в коре больших полушарий, чему и посвящена настоящая работа.

Изменение прижизненной окраски головного мозга теплокровных в связи с его функциональным состоянием изучалось лишь в трех работах. В опытах Левина ([6]) окраска мозга производилась у мышей с обнаженными теменными долями коры. После окраски у опытных и контрольных мышей извлекались одинаковые участки коры и сравнивались количества в них красителя. Механическое раздражение рецепторов желудочно-кишечного тракта вызывало повышение сродства коркового вещества к нейтральному красному. В этой же работе было установлено повышение сорбционной способности коры у голодных мышей по сравнению с сытыми. В исследованиях Романова ([7]) изучалось изменение прижизненной окраски головного мозга у крыс и мышей при действии условного и дифференцировочного раздражителей, а также при электрическом раздражении седалищного нерва. После действия раздражителя крысы декапитировались, их головной мозг извлекался и затем окрашивался нейтральным красным. Сорбция красителя рассчитывалась на единицу веса мозга. Несмотря на то, что окрашивался изолированный мозг, т. е. изучались следы изменений, происшедших в мозгу вследствие действия раздражителя на животное, обнаруженные Романовым сдвиги оказались значительными (35,9% при действии условного раздражителя, 43% — дифференцировочного и 11,7% — при раздражении нерва током).

Таким образом, Левин и Романов показали, что методика прижизненной окраски с успехом может быть использована для изучения функциональных изменений, происходящих в головном мозгу животных.

Ввиду того, что этот вопрос является весьма важным и, вместе с тем, мало изученным, мною были поставлены опыты по изучению изменений в коре больших полушарий, вызванных действием на мышей сильного звука.

Методика. Опыты ставились в звуконепроницаемой камере. Под опытные мыши помещались в экспериментальную клетку, разделенную на отсеки; стенки клетки были сделаны из плексигласа, пол — из медных прутьев; сверху клетка покрывалась стеклом. Генератор ЗГ-10 с оконечным усилителем мощностью в 100 вт и динамиком Р-100 создавал в камере уровень силы звука 110—120 дб. Мыши в течение 30 мин. подвергались воздействию в одной серии опытов — «непрерывного» звука (2500 гц), а в другой — «прерывистого» (2500 гц и 1—3 дополнительных перерыва в 1 сек. с помощью телеграфного ключа) *.

Через 10—30 мин. после выключения звука мыши декапитировались, извлекался их головной мозг (эта операция занимала 2—3 мин.) и помещался на 15 мин. в 0,1%-й раствор нейтрального красного, приготовленный на рингеровской жидкости для теплокровных (без соды). После окраски, которая производилась при 18°, мозг ополаскивался в рингеровском растворе и из теменной доли каждого полушария с помощью полого цилиндра вырезались равные по площади участки мозга (45,5 мм^2), которые затем помещались в подкисленный спирт (на 98 мл 70%-й C_2H_5OH — 2 мл концентрированной H_2SO_4). Вытяжки красителя через сутки колориметрировались на ступенчатом фотометре Пульфриха, и полученный отсчет (экстинкция) служил показателем сорбционной способности коры большого мозга данной мыши **. Параллельно с мозгом «озвученных» мышей окрашивался мозг такого же количества контрольных мышей, не подвергавшихся звуковым воздействиям. В случае повреждения теменных долей при извлечении мозга из черепной коробки (что легко обнаружить по весьма интенсивной окраске поврежденных участков) мозг исключался из эксперимента.

Результаты опытов. Сначала сравнивалось связывание нейтрального красного корой больших полушарий мышей, подвергшихся воздействию «непрерывного» звука (2500 гц) и контрольных. В этой серии было поставлено 20 опытов. Сравнение показало, что сколько-нибудь существенной разницы между ними не обнаруживается. Незначительное понижение связывания нейтрального красного корой «озвученных» мышей по сравнению с корой контрольных мышей было оценено статистически при помощи методов, основанных на распределении Стюдента—Фишера ([8]), и оказалось недостоверным:

Подопытные мыши	Контрольные мыши	Подопытные мыши	Контрольные мыши
0,21	0,24	0,34	0,35
0,21	0,34	0,25	0,25
0,26	0,20	0,19	0,31
0,22	0,37	0,21	0,27
0,23	0,22	0,20	0,27
0,22	0,22	0,17	0,18
0,30	0,19	0,19	0,30
0,26	0,29	0,20	0,32
0,30	0,35	0,34	0,17
0,33	0,34	0,32	0,20

Среднее арифметическое для подопытных мышей $0,25 \pm 0,013$ (93%), для контрольных $0,27 \pm 0,014$ (100%). Степень вероятности разности (α) 0,6 — 0,7.

* Указанные частота и интенсивность были избраны ввиду того, что звук с этими характеристиками при прямом действии на изолированные спинальные ганглии кроликов вызывает максимальное повышение сорбционных свойств ([1]). Возможно, однако, что интенсивность звука в отсеках клетки была ниже указанной точное определение ее не представлялось возможным.

** Толщина взятого слоя мозга не имеет значения, так как за 15 мин. глубина прокрашивания весьма незначительна и практически одинакова как для опытного мозга так и для контрольного.

В совместной работе с А. М. Ивановой (9) нами было отмечено, что в то время как при длительном действии «непрерывного» сильного звука мыши сидят в клетке спокойно и зачастую даже дремлют, при прерывистом звуке они проявляют значительную двигательную активность (встают на задние лапы, бегают по клетке и т. д.). В связи с этим можно было полагать, что при действии прерывистого звука изменения в коре большого мозга будут значительнее, что и позволит обнаружить их с помощью использованной в настоящей работе методики.

Для проверки этого предположения была поставлена вторая серия опытов с действием «прерывистого» звука (12 опытов). Результаты этой серии опытов показали, что применение прерывистого звука, действительно, вызывает значительные сдвиги в коре большого мозга:

Подопытные мыши	Контрольные мыши	Подопытные мыши	Контрольные мыши
0,30	0,24	0,39	0,26
0,19	0,19	0,41	0,23
0,27	0,10	0,40	0,33
0,21	0,19	0,32	0,20
0,30	0,24	0,33	0,24
0,30	0,32	0,23	0,32

Среднее арифметическое для подопытных мышей $0{,}304 \pm 0{,}019$ (128%), для контрольных $0{,}238 \pm 0{,}019$ (100%). Степень вероятности разности (α) 0,95—0,98.

При просмотре окрашенного слоя коры «озвученных» и контрольных мышей было обнаружено, что распределение красителя в обоих случаях после 15-минутной окраски носит диффузный характер; следовательно, повышение связывания нейтрального красного корой больших полушарий не может быть объяснено появлением гранул красителя, а зависит от изменения сорбционной способности коркового вещества.

Интересно отметить, что в описанных опытах изменения были обнаружены в теменной доле коры, в то время как согласно общепринятым воззрениям центры слуха локализованы в височной доле. Возможно, что это следует объяснить тем, что раздражение звукового анализатора вызывает разлитое по всей коре возбуждение, и в частности возбуждение двигательных центров. Подтверждением этому может служить отмеченная выше высокая двигательная активность мышей во время действия «прерывистого» звука. В пользу этого говорит также то обстоятельство, что в настоящих опытах не были обнаружены изменения при действии «непрерывного» сильного звука, когда двигательной активности у мышей не отмечалось.

Таким образом, при длительном действии на мышей сильного «прерывистого» звука у них в теменной доле коры больших полушарий отмечается повышение сорбции нейтрального красного, которое может быть объяснено как проявление возбуждения клеток коры.

Институт экспериментальной медицины
Академии медицинских наук СССР

Поступило
7 X 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Д. Н. Насонов, К. С. Равдоник, Физиол. журн. СССР, **33**, № 5 (1947); ДАН, **71**, № 5 (1950). [2] К. С. Равдоник, ДАН, **66**, № 2 (1949). [3] Д. Н. Насонов, Д. Л. Розенталь, ДАН, **71**, № 6 (1950). [4] Б. П. Ушаков, Усп. совр. биол., **38**, в. 38 (1954). [5] С. Н. Романов, Физиол. журн. СССР, **40**, № 1 (1954). [6] С. В. Левин, Бюлл. эксп. биол. и мед., **33**, № 4 (1952). [7] С. Н. Романов, ДАН, **90**, № 1 (1953); **90**, № 4 (1953). [8] В. И. Романовский, Основные задачи теории ошибок, М., 1947. [9] А. В. Жирмунский, А. М. Иванова, Журн. высш. нерв. деят., **6**, № 6 (1956).

Доклады Академии наук СССР
1957. Том 112, № 3

ЭМБРИОЛОГИЯ

Н. Н. РОТТ

ИЗМЕНЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО РОСТА ОРГАНОВ ЦЫПЛЕНКА В ТЕЧЕНИЕ ИНКУБАЦИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОСТОЯННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

(Представлено академиком И. И. Шмальгаузеном 4 IX 1956)

Влиянию температуры на ход эмбрионального развития птиц посвящена обширная литература. Отмечается, в частности, увеличение скорости роста и развития при повышении температуры и наоборот, уменьшение ее при понижении температуры ([1]). Показано, что незначительные постоянно действующие отклонения температуры инкубации от нормы — в отличие от значительных, но кратковременных отклонений — не ведут к возникновению резких аномалий, но вызывают увеличение эмбриональной смертности, особенно при повышении температуры ([2]). С другой стороны, в ряде работ показано, что изменение условий развития неодинаково отражается на развитии различных органов ([3]).

Целью настоящей работы было изучение влияния различных постоянных температур инкубации на соотношение темпов роста отдельных органов в связи с особенностями развития зародыша на данной стадии и распределением смертности по стадиям.

Яйца кур породы белый леггорн инкубировались в инкубаторах Рекорд-39 и КЭМ-20 при температурах 36,5° (пониженная), 37,5° (нормальная) и 38,5° (повышенная). Результаты инкубации приведены в табл. 1.

Таблица 1

Температура в °С	Число яиц с развивавшимися зародышами	Число погибших зародышей (в %)				Число живых цыплят (в %)
		до 6 дня	7—11 дней	12—19 дней	после 19 дней	
36,5	264	$\pm^{5,68}_{1,42}$	$\pm^{1,14}_{0,65}$	$\pm^{1,88}_{0,84}$	$\pm^{2,65}_{0,99}$	$\pm^{89,02}_{1,82}$
37,5	287	$\pm^{2,44}_{0,91}$	$\pm^{0,69}_{0,49}$	$\pm^{0,34}_{0,34}$	$\pm^{2,09}_{0,84}$	$\pm^{94,22}_{1,39}$
38,5	275	$\pm^{2,91}_{1,01}$	$\pm^{1,09}_{0,63}$	$\pm^{1,82}_{0,81}$	$\pm^{13,09}_{2,03}$	$\pm^{81,09}_{2,36}$

Наряду с общим увеличением смертности, при отклонении температуры инкубации от нормы, особенно при ее повышении, следует отметить неодинаковое распределение смертности по стадиям при повышенной и пониженной температуре. Пониженная температура несколько усиливает смертность в первую половину инкубации, повышенная вызывает значительное увеличение смертности в конце инкубации.

Для сравнения скорости развития зародышей при различных температурах определялись стадии развития по Гамбургеру и Гамильтону ([4]) и сопо-

тавлялись с возрастом. Повышение температуры вызывает некоторое уве-
ичение скорости развития и, наоборот, понижение температуры замедляет
азвитие (рис. 1).

Для сравнения темпов роста зародыши взвешивались сразу после извле-
ения из яйца, до фиксации. Сопоставление скорости роста и развития
рис. 2) показывает, что небольшие отклонения температуры инкубации не
ызывают заметных нарушений в соотношении темпов роста и дифферен-
цировки зародыша до 10 дня, т. е. увеличению скорости развития соответ-
твует такое же увеличение скорости роста. После стадии 36 (9—10 дней)
режние соотношения несколько
еняются: зародыши на одной и
ой же стадии имеют несколько
азличный вес при разных тем-
пературах инкубации.

Таким образом, небольшие
тклонения температуры инку-
бации от нормы сравнительно
ало изменяют как темпы роста
развития, так и соотношения
ежду ними. Но остается не
ыясненным, является ли это
оложение общим для всех ор-
ганов и чем определяется по-
вышение эмбриональной смерт-
ности при отклонении темпера-
туры от нормы? Для разреше-
ния этих вопросов был изучен
рост тех органов, связь которых
с температурными воздействия-
ми довольно легко проследить,
а именно сердца и глаз.

Для сопоставления темпов
роста сердца при различных
температурах вычислялся сер-
дечный индекс, т. е. отношение
веса сердца к весу тела (в %). Вес
сердца определялся до фиксации,
после промывки, удаляющей
сгустки крови. Сравнительное изучение изменений сердечного индекса по-
казывает (рис. 3, *А*), что до 10—11 дня инкубации зародыши всех трех
групп имеют приблизительно одинаковый сердечный индекс (разница неве-
лика и статистически недостоверна). После 10—11 дня начинается расхожде-
ние индексов, на 13 день максимальный сердечный индекс наблюдается при
37,5°, минимальный — при 38,5°. После 16 дня отношения индексов при
36,5 и 37,5° меняются, максимальный индекс наблюдается теперь при
36,5°. Эти соотношения сохраняются до конца инкубации, причем на 19
день сердечный индекс зародышей при 36,5° более чем вдвое превышает
сердечный индекс при 38,5° (0,94% $\pm$ 0,05% при 36,5° и 0,46% $\pm$ 0,03%
при 38,5°). Еще более резкие отклонения наблюдаются у зародышей, по-
гибших перед вылуплением: 1,35% $\pm$ 0,03 при 36,5° и 0,50% $\pm$ 0,01% при
38,5°. Наоборот, все вылупившиеся цыплята имеют почти одинаковые сер-
дечные индексы. Механизм регулирования роста сердца перед вылуплением
неясен, для его выяснения нужны дополнительные морфологические иссле-
дования.

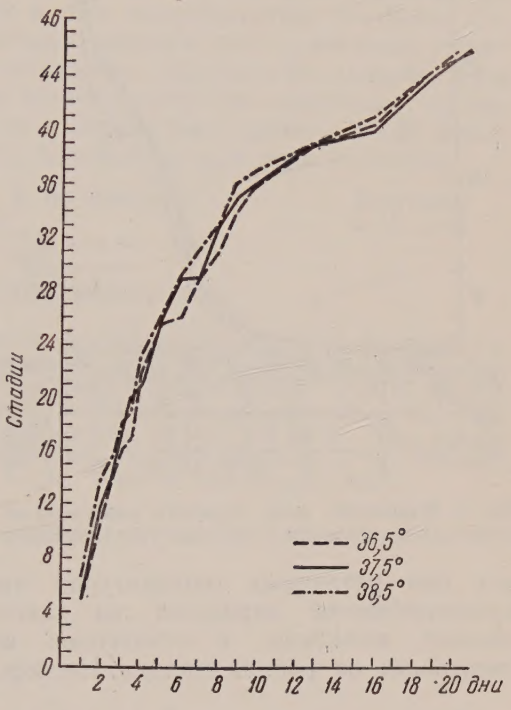


Рис. 1. Скорость развития куриного зародыша в зависимости от температуры инкубации

Можно предполагать, что резкие отклонения сердечного индекса в по-
следний период развития при ненормальной температуре инкубации, наряду
с факторами, отмечавшимися другими исследователями ([5]), являются од-
ной из причин гибели зародышей перед вылуплением. При этом, по-видимо-

му, уменьшение сердечного индекса более опасно для зародыша, на что указывает то обстоятельство, что при повышенной температуре гибель зародышей в конце инкубации гораздо больше, чем при пониженной (см. табл. 1). Уменьшение веса сердца во вторую половину инкубации при повышенной температуре и увеличение — при пониженной отмечали и другие исследователи ([6], [7]).

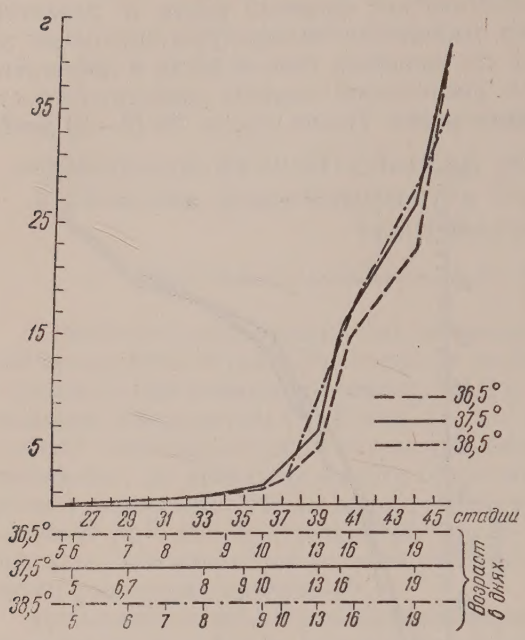


Рис. 2. Изменение веса куриного зародыша по стадиям в зависимости от температуры инкубации

Для сопоставления скорости роста глаза при различных температурах также вычислялся индекс его веса по отношению к весу тела. Изменения его сходны с изменениями сердечного индекса (рис. 3, *Б*). С 9 дня наибольший индекс наблюдается при 37,5°, наименьший — при 38,5°. После 13 дня наибольший индекс имеют зародыши при 36,5°, наименьший — при 38,5°. Эти соотношения сохраняются до конца инкубации.

Вальдер([8]) показал, что при нарушении кровоснабжения рост глаз замедляется. Можно предположить, что и в данном случае изменение скорости роста глаз обусловлено не непосредственным влиянием температуры, а изменением кровоснабжения при различных температурах инкубации. Повидимому, при 36,5° кровоснабжение зародыша на ранних стадиях недостаточно, с чем связано, возможно, и отмеченное выше увеличение эмбриональной смертности на ранних стадиях. Наоборот, при 38,5° уменьшенное крово-

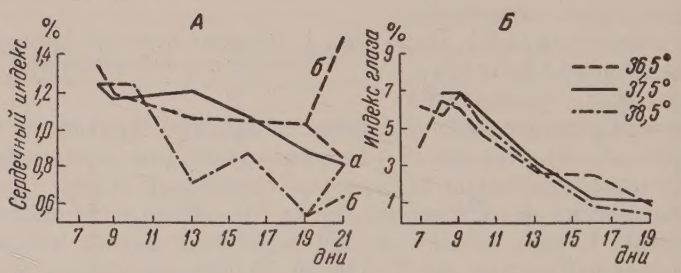


Рис. 3. Изменение сердечного индекса (*А*) и индекса глаза (*Б*) куриного зародыша в зависимости от температуры инкубации: *а* — цыплята, *б* — мертвые зародыши

снабжение наблюдается во вторую половину инкубации, что соответствует повышению смертности в этот период. Изменение кровоснабжения, в свою очередь, может быть связано с изменением роста сердца, чем и можно объяснить сходный характер изменений сердечного индекса и индекса глаза.

Изменение роста сердца во вторую половину инкубации в зависимости от температуры может быть связано со следующими явлениями. Увеличенный сердечный индекс обычно свидетельствует о повышенном уровне обмена ([9]). Увеличение сердечного индекса при понижении температуры инкубации можно рассматривать как приспособительное для повышения интенсив-

сти обмена и тем самым — повышения внутрияйцевой температуры. На-
орот, при повышении температуры инкубации необходимо понижение
тенсивности обмена, тем более, что во вторую половину инкубации за-
дыш начинает использовать жир в качестве основного энергетического ре-
рса ([10]), что вызывает выделение зародышем значительного количества
пла, и это привело бы его к гибели от перегрева при повышении темпера-
ры инкубации. Показателем понижения интенсивности энергетического
мена при повышении температуры инкубации является уменьшение по-
ебления зародышем жира во вторую половину инкубации (по сравнению
зародышами, инкубируемыми при нормальной температуре) и вследствие
ого — увеличение его содержания в теле вылупившегося цыпленка ([7]).

Таким образом, изменения сердечного индекса при измененных темпе-
турах инкубации являются, повидимому, приспособительными. Они
ют возможность зародышу выжить в течение периода инкубации, но вы-
вают резкое повышение смертности в период вылупления (19—21 день),
гда зародыши переходят к новым, одинаковым для всех условиям.

Институт морфологии животных им. А. Н. Северцова
Академии наук СССР

Поступило
4 IX 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] E. W. Henderson, Mo. Agr. Exp. St. Res. Bull., 149 (1930). [2] T. C. Byerly, ultry Sci., **17**, № 3 (1938). [3] F. E. Lehmann, Einfuhrüng in die physiologische Em-yologie, 1945. [4] F. R. Lillie, The Development of the Chick, 1952. [5] Э. Э. Пени-жкевич, Проблема снижения смертности эмбрионов домашних птиц, М., 1943. [6] O. M. Olivo, Proc. 4th World Poultry Congr., ser. a, 1931. [7] И. Я. Прицкер, АН, **28**, № 4 (1940). [8] P. Walder, Acta Zool., **31**, № 2–3 (1950). [9] R. Hesse, ol. Jahrb., **38**, 243 (1921). [10] J. Needham, Chemical Embryology, 1930.